



TUGAS AKHIR - MO141326

ANALISIS LAJU PERAMBATAN RETAK AKIBAT *STRESS CORROSION CRACKING* PADA BAJA ASTM A36 DENGAN VARIASI TEGANGAN *BENDING* DAN PERBEDAAN PH

YUDA ARIFianto

NRP. 4313 100 028

DOSEN PEMBIMBING :

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D

Dirta Marina C, S.T., M.T

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017



FINAL PROJECT - MO141326

**CRACK PROPAGATION RATE ANALYSIS CAUSED OF STRESS
CORROSION CRACKING AT STEEL ASTM A36 WITH
VARIATION OF BENDING STRESS AND DIFFERENCES IN PH**

YUDA ARIFianto

NRP. 4313 100 028

SUPERVISOR :

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D

Dirta Marina C, S.T., M.T

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017

**Analisis Laju Perambatan Retak Akibat *Stress Corrosion Cracking* Pada
Baja ASTM A36 Dengan Variasi Tegangan *Bending* dan Perbedaan pH**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Oleh

YUDA ARIFianto

NRP. 4313100028

Disetujui oleh:

1. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D (Pembimbing 1)

2. Darta Marina C, S.T., M.Sc (Pembimbing 2)

3. Ir. J.J. Soedjono, M.Sc (Penguji 1)

4. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc (Penguji 2)

5. Wimala L. Dhanistha, S.T., M.T (Penguji 3)

SURABAYA, JULI 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**Analisis Laju Perambatan Retak Akibat *Stress Corrosion Cracking* Pada
Baja ASTM A36 Dengan Variasi Tegangan *Bending* dan Perbedaan pH**

Nama : Yuda Arifianto
NRP : 4313100028
Jurusan : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Herman Pratikno S.T., M.T., Ph.D
Dirta Marina C, S.T., M.T

Abstrak

Korosi masih menjadi salah satu fenomena yang menjadi fokus masalah pada struktur anjungan lepas pantai terlebih pada pipa bawah laut. Lingkungan laut yang korosif dan kandungan kimia *crude oil* dengan tekanan dan temperaturnya yang tinggi menambah kerentanan terhadap korosi. Salah satu masalah korosi tersebut adalah *stress corrosion cracking* (SCC). Munculnya retak akibat korosi jenis SCC jika tidak dihindari maka akan berakibat buruk seperti kebocoran bahkan sampai *failure*. Penelitian ini dilakukan pada baja ASTM A36 yang melalui tahapan *heat treatment hardening*. Analisis dilakukan dengan membandingkan material menggunakan variasi tegangan *bending* sebesar 60% dan 80% SMYS. Pengujian korosi dengan uji imersi pada variasi waktu yang dilakukan yaitu 7 hari, 10 hari dan 14 hari pada larutan dengan pH asam, netral, dan basa. Laju perambatan retak terbesar pada hari 14 yaitu material AT2.1 tanpa *heat treatment*, dengan tegangan *bending* 80% SMYS dan pH asam dan terkecil pada AT1.3 tanpa *heat treatment*, tegangan *bending* 60% SMYS dan pH basa dengan nilai laju perambatan retak berturut-turut adalah 1041,39 μm dan 407,04 μm . Larutan pH asam adalah yang paling reaktif disusul oleh pH basa dan pH netral dengan nilai rata-rata laju perambatan retaknya berturut-turut yaitu 2,73 $\mu\text{m}/\text{jam}$, 2,33 $\mu\text{m}/\text{jam}$, dan 2,17 $\mu\text{m}/\text{jam}$.

Kata Kunci : ASTM A36, *Heat Treatment*, *Bending*, SMYS, SCC, Retak, pH.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Crack Propagation Rate Analysis Caused of Stress Corrosion Cracking At Steel ASTM A36 With Variation of Bending Stress and Differences in pH

Name : Yuda Arifianto
NRP : 4313100028
Department : Teknik Kelautan
Supervisor : Herman Pratikno S.T., M.T., Ph.D
Dirta Marina C, S.T., M.T

Abstract

Corrosion is one of phenomenons which be main problem at offshore structure especially for subsea pipeline. Sea environment that is so corrosive and chemical contents of crude oil with its pressure and temperature increase susceptibility to corrosion phenomenons. One of them is stress corrosion cracking (SCC). Appearance of crack due to this SCC corrosion if was not avoided it would give bad effect such as leakage even failure of subsea pipeline. This study experiment used carbon steel ASTM A36 went through hardening heat treatment. Analysis be done by comparing specimens to their value of bending strength which 60% SMYS and 80% SMYS. Immersion test is used as corrosion experiment with various times of immersion that are 7 days, 10 days, and 14 days in acid, neutral and basic solutions. The highest crack propagation rate is specimen AT2.1 which non-heat treatment, 80% SMYS of bending strength and in acid solution while the lowest is specimen AT1.3 which non-heat treatment, 60% SMYS of bending strength and in basic solution with their crack propagation rate values are 1041,39 μm and 407,04 μm . Acid solution is the most reactive with its average of crack propagation rate is 2,73 $\mu\text{m/hr}$ then basic solution and neutral solution with their average of crack propagation rate are 2,33 $\mu\text{m/hr}$ and 2,17 $\mu\text{m/hr}$.

Keywords : ASTM A36, Heat Treatment, Bending, SMYS, SCC, Crack, pH.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Segala puji dan syukur atas berkah dan karunia Allah S.W.T karena-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Laju Perambatan Retak Akibat Stress Corrosion Cracking Pada Baja ASTM A36 Dengan Variasi Tegangan Bending dan Perbedaan pH**”.

Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Pada Tugas Akhir ini bertujuan untuk mendapatkan nilai laju perambatan retak, untuk mendapatkan pengaruh variasi kekuatan *bending* pada material terhadap *stress corrosion cracking*, mendapatkan pengaruh perlakuan panas terhadap laju perambatan retak, serta untuk mendapatkan pengaruh pH larutan terhadap laju perambatan retak.

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini sebagai penulis sudah berusaha sangat maksimal dalam menyelesaikannya namun juga menyadari bahwa masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai penyempurna Tugas Akhir ini. Demikian Tugas Akhir ini disusun, semoga dapat memberikan manfaat baik bagi penulis maupun pembaca.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Surabaya, Juli 2017

Yuda Arifianto

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir, penulis telah mendapatkan dorongan, dukungan, bantuan, dan bimbingan yang baik secara langsung maupun tidak dari berbagai pihak yang sangat berguna bagi penulis. Maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Allah S.W.T yang memberikan rahmat, karunia dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan bantuan moril dan materiil serta doa bagi penulis dalam berlangsungnya penyelesaian Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS.
4. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing pertama yang selalu memberika dukungan, bimbingan dan arahan bagi penulis.
5. Ibu Dirta Marina C, S.T., M.T selaku dosen pembimbing kedua yang selalu memberikan nasihat, saran serta dukungan bagi penulils.
6. Bapak Ir. J. J. Soedjono, M.Sc., Bapak Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc., dan Ibu Wimala L. Dhanistha, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan evaluasi kepada penulis.
7. Seluruh civitas Tata Usaha Departemen Teknik Kelautan atas bantuan permohonan surat dalam kelancaran penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Pak Didik dan seluruh teknisi Laboratorium Konstruksi & Kekuatan Kapal, Teknik Perkapalan ITS.
9. Ibu Iin selaku teknisi Laboratorium Remediasi Lingkungan, Teknik Lingkungan ITS.
10. Pak Mantri selaku teknisi Laboratorium Metalurgi, Teknik Mesin ITS.

11. Sahabat penulis Alfian, Arif, Astrid, Danang, Ilham, Nando, Wati, dan Yossy yang selalu memberikan dukungan dan semangatnya bagi penulis dan persahabatan yang sangat erat dengan penulis selama masa kuliah.
12. Seluruh keluarga besar mahasiswa Teknik Kelautan 2013 “Valtameri” atas semangat dan kebersamaannya.
13. Semua pihak dan tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan.....	iii
Abstrak.....	v
Abstract.....	vii
Kata Pengantar	ix
Ucapan Terimakasih.....	xi
Daftar Isi	xiii
Daftar Gambar	xvi
Daftar Tabel.....	xviii
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Hipotesis.....	4
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 Material Baja ASTM A36	6
2.2.1.1 Spesifikasi.....	6
2.2.1.2 Penggunaan.....	7
2.2.1.3 Material Propertis	7
2.2.2 Perlakuan Panas (Heat Treatment)	8
2.2.2.1 Perlakuan Annealing.....	8
2.2.2.2 Perlakuan Normalizing	9
2.2.2.3 Perlakuan Hardening	9

2.2.2.4 Perlakuan Tempering	10
2.2.3 Korosi.....	11
2.2.3.1 Pengertian Umum	11
2.2.3.2 Penyebab Terjadinya Korosi	11
2.2.3.3 Jenis-Jenis Korosi	12
2.2.3.4 Cara Mencegah Korosi.....	14
2.2.4 Hydrogen Embrittlement	16
2.2.4.1 Pengertian dan Penyebab Hydrogen Embrittlement.....	16
2.2.4.2 Mekanisme Terjadinya Hydrogen Embrittlement..	17
2.2.4.3 Cara Mengatasi Hydrogen Embrittlement	18
2.2.5 Stress Corrosion Cracking	19
2.2.5.1 Pengertian dan Penyebab Stress Corrosion Cracking	19
2.2.5.2 Mekanisme Terjadinya Stress Corrosion Cracking	21
2.2.5.3 Cara Mencegah Stress Corrosion Cracking	21
2.2.6 Perlakuan Bending Pada Material.....	22
BAB III Metodologi Penelitian	29
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	29
3.2 Prosedur Penelitian	31
3.2.1 Studi Literatur	31
3.2.2 Pemilihan dan Persiapan Material	31
3.2.3 Pembersihan Material	33
3.2.4 Perlakuan dan Tanpa Perlakuan Panas	35
3.2.5 Uji Tarik Material	36
3.2.6 Uji Bending Material	40
3.2.7 Pembuatan Larutan Uji Media Korosi	44
3.2.8 Uji Korosi (Immersion Test).....	45

3.2.9 Uji Metalografi	46
3.2.10 Analisa Laju Perambatan Retak	47
3.2.11 Kesimpulan Hasil Analisa	47
BAB IV Analisis Hasil dan Pembahasan	49
4.1 Perlakuan Panas Hardening.....	49
4.2 Uji Tarik	50
4.2.1 Kurva Tegangan – Regangan	50
4.2.2 Tabel Hasil Pengujian	52
4.2.3 Perhitungan Nilai-Nilai Hasil Pengujian	53
4.3 Uji Bending	54
4.3.1 Material Tanpa Perlakuan Panas	55
4.3.2 Material Dengan Perlakuan Panas	55
4.3.3 Grafik Tegangan Hasil Uji Bending.....	56
4.4 Hasil Percobaan Pengujian Korosi	60
4.4.1 Analisis Laju Perambatan Retak	60
4.4.2 Hasil Uji Metalografi.....	67
BAB V Kesimpulan dan Saran	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	72
Daftar Pustaka.....	73

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Bentuk Korosi Pada Besi	12
Gambar 2.2 Jenis-Jenis Korosi	14
Gambar 2.3 Galvanic Or Sacrifial Anode dan Impressed Current	16
Gambar 2.4 Mekanisme Hydrogen Embrittlement	17
Gambar 2.5 Faktor Yang Mempengaruhi SCC	19
Gambar 2.6 Tipe Fracture Pada Korosi SCC	20
Gambar 2.7 Skema Spesimen dan Konfigurasi Penahan	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	30
Gambar 3.2 Material Plat Baja ASTM A36	31
Gambar 3.3 Sertifikat Material	32
Gambar 3.4 Rancangan Ukuran Material	32
Gambar 3.5 Material Hasil Pemotongan	32
Gambar 3.6 Pemilihan Larutan Uji	33
Gambar 3.7 Material Uji Sebelum Pembersihan	33
Gambar 3.8 Alat Gerinda.....	34
Gambar 3.9 Amplas Gerinda	34
Gambar 3.10 Material Setelah Dibersihkan	35
Gambar 3.11 Tampak Luar Alat Furnace (kiri) dan Tampak Dalam Alat Furnace (kanan)	35
Gambar 3.12 Rancangan Dimensi Material Uji Tarik.....	37
Gambar 3.13 Gambaran Bentuk Material Uji Tarik.....	37
Gambar 3.14 Hasil Pembentukan Material Uji Tarik.....	37
Gambar 3.15 Kertas Milimeter dan Pena Pada Alat Uji.....	38
Gambar 3.16 Meletakkan Material Pada Alat Uji Tarik	39
Gambar 3.17 Menarik Tuas Pada Alat Uji Tarik.....	39
Gambar 3.18 Persiapan Alat Uji.....	41
Gambar 3.19 Mempersiapkan Kertas Milimeter dan Pena.....	42

Gambar 3.20 Meletakkan Material Pada Bidang Uji	42
Gambar 3.21 Mengontrol Nilai Tegangan Pada Alat Uji	43
Gambar 3.22 (i) 50 gram NaCl, (ii) 50 ml H ₂ SO ₄ , dan (iii) 100 gram NaOH.....	44
Gambar 3.23 Wadah Berisi Larutan H ₂ SO ₄ , NaCl, dan NaOH.....	45
Gambar 3.24 Polisher (kiri) dan Kertas Amplas (kanan).....	46
Gambar 4.1 Material Sebelum Pendinginan Cepat (kiri) dan Material Setelah Pendinginan Cepat (kanan)	49
Gambar 4.2 Kondisi Material Setelah Uji Tarik	50
Gambar 4.3 Kurva Tegangan - Regangan Hasil Uji Tarik.....	51
Gambar 4.4 Tabel Hasil Uji Tarik.....	52
Gambar 4.5 Hasil Uji Bending Pada Material Tanpa Perlakuan Panas 60% SMYS (kiri) dan 80% SMYS (kanan)	55
Gambar 4.6 Hasil Uji Bending Pada Material Dengan Perlakuan Panas 60% SMYS (kiri) dan 80% SMYS (kanan)	55
Gambar 4.7 Kurva Laju Perambatan Retak	63
Gambar 4.8 Material Uji AT1.1 (i), AT2.1 (ii), dan AP4.1 (iii).....	67
Gambar 4.9 Material Uji AT1.2 (i), AT2.2 (ii), dan AP4.2 (iii)	68
Gambar 4.10 Material Uji AT1.3 (i), AT2.3 (ii) dan AP4.3 (iii)	69

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja ASTM A36	7
Tabel 2.2 Propertis Mekanik Baja ASTM A36	8
Tabel 3.1 Pengelompokan Material.....	45
Tabel 4.1 Nama Material Dengan Perlakuannya.....	56
Tabel 4.2 Hasil Bending Material	56
Tabel 4.3 Kode Material Yang Tidak Mengalami Retak	60
Tabel 4.4 Laju Perambatan Retak Tiap Variasi Waktu	61
Tabel 4.5 Rata-Rata Laju Perambatan Retak.....	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan material baja memang sudah digunakan dalam industri minyak dan gas sejak lama. Hingga saat ini banyak sekali jenis dan pembaruan mengenai bahan pada material untuk mengurangi masalah yang ada salah satunya adalah korosi. Korosi dapat diartikan dengan berbagai macam penjelasan namun, proses terjadinya reaksi kimia atau elektrokimia antara metal dengan lingkungannya, adalah yang paling tepat untuk menjelaskan pengertian korosi (Chandler, 1985). Dalam masa operasi industri minyak dan gas tentunya akan menghadapi berbagai jenis korosi yang dapat terjadi terlebih lagi lokasinya berada di lingkungan yang korosif. Beberapa bagian dari anjungan lepas pantai sangat rentan terhadap masalah korosi terlebih pada bagian *splash zone* dan juga pada pipa bawah laut tentunya yang dengan langsung terdapat kontak dengan air laut.

Perlu diketahui bahwa dalam *crude oil* yang diangkat dari perut bumi lalu ditransportasikan menggunakan pipa bawah laut dan sistem perpipaan pada anjungan memiliki kandungan hidrokarbon, mineral logam, dan kandungan lain yang bermacam-macam dengan *temperature* dan tekanan yang tinggi yang dimiliki *crude oil* akan mengindikasikan beberapa masalah yang akan terjadi. Jika diambil salah satu contoh hidrokarbon yang mewakili kandungan pada *crude oil* adalah *hydrogen sulfide* (H_2S). Hidrogen sulfida sudah sejak lama dikaitkan dengan penyebab masalah korosi dan *sulfide stress cracking* (SSC) pada baja berkekuatan tinggi dan kekerasan lasan tinggi yang digunakan pada produksi minyak dan gas, penyulingan minyak, dan proses kimia (Kane dan Cayard, 1998). Pada dasarnya dengan adanya kandungan hidrogen (H^+) dalam perpipaan akan menyebabkan terjadinya *hydrogen embrittlement* yang disebabkan karena lepasnya ion hidrogen lalu berikatan dengan ion hidrogen di lingkungan yang akan menjadikan material menemui fenomena *hydrogen-induced cracking*.

Mengingat lokasinya yang berada di lingkungan laut lepas membuat pipa dasar laut juga rentan terkena bahaya lain selain korosi yang kapan saja bisa terjadi. Salah satunya jika sebuah jangkar kapal mengenai pipa dasar laut. Pastinya dengan tegangan cukup besar yang terjadi akan membuat pipa retak atau *fracture*. Situasi lain yang juga dapat terjadi adalah jika sebuah plat pada badan kapal tertabrak dengan benda keras lainnya maka akan menerima tegangan yang cukup besar. Adanya bagian dari sistem perpipaan maupun plat kapal yang menerima tegangan dan berlokasi pada lingkungan korosif seperti lingkungan air laut dengan segala macam biota lautnya dan pada *crude oil* dengan segala macam kandungannya akan membuat material menghadapi masalah korosi yaitu *hydrogen embrittlement* serta *stress corrosion cracking*. Karena itu *hydrogen embrittlement* bertanggung jawab atas masalah kegagalan pada bagian yang berkaitan dengan pipa, terlebih lagi jika melewati proses operasi tambahan seperti *plating* (Herring, 2010).

Pada penelitian Tugas Akhir ini membahas mengenai bagaimana sebuah material uji diberikan beda perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas sehingga akan membuat perbedaan sifat pada material. Selain itu juga diberikan perlakuan *bending* dengan besar tegangan yang diberikan tidak melebihi *yield strength* material akibatnya akan menimbulkan *stress* atau tegangan tertentu. Sehingga akan bisa diketahui perbedaan laju perambatan retak yang terjadi pada suatu material jika diberikan beda perlakuan panas dan besar tegangan *bending*.

Pada penelitian ini digunakan media korosi berupa larutan H_2SO_4 dan NaOH dimana keduanya mengandung ion hidrogen sebagai representasi dari kandungan *crude oil* serta menggunakan larutan NaCl sebagai representasi dari lingkungan air laut. Sehingga dengan adanya ketiga jenis larutan tersebut maka mewakili kondisi di luar dan dalam perpipaan dasar laut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah laju perambatan retak yang terjadi pada material uji?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi tegangan *bending* pada laju perambatan retak?
3. Bagaimanakah pengaruh perlakuan panas terhadap laju perambatan retak?
4. Bagaimanakah pengaruh pH larutan terhadap laju perambatan retak?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai laju perambatan retak pada material uji.
2. Mendapatkan pengaruh variasi tegangan *bending* pada material terhadap laju perambatan retak.
3. Mendapatkan pengaruh perlakuan panas terhadap laju perambatan retak?
4. Mendapatkan pengaruh pH larutan terhadap laju perambatan retak.

1.4 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan nilai laju perambatan retak pada material uji, untuk mendapatkan pengaruh variasi kekuatan *bending* pada material terhadap laju perambatan, untuk mendapatkan pengaruh perlakuan panas terhadap laju perambatan retak, serta untuk mendapatkan pengaruh pH larutan terhadap laju perambatan retak.

1.5 Batasan Masalah

1. *Heat treatment* yang dilakukan adalah tipe *hardening* dengan suhu 850°C.
2. *Heat treatment* dilakukan dengan waktu penahanan selama 1 jam.
3. Penggunaan media pendingin air setelah proses *hardening heat treatment*.
4. Perlakuan *bending* dilakukan dengan variasi 60% SMYS dan 80% SMYS.
5. Larutan yang digunakan sebagai media korosi yaitu H₂SO₄, NaOH, dan NaCl.
6. Variasi waktu pada uji imersi yaitu 7 hari, 10 hari, dan 14 hari.

1.6 Hipotesis

1. Semakin besar tegangan *bending* yang diaplikasikan pada material maka semakin besar pula nilai laju perambatan retak yang akan terjadi.
2. Perlakuan panas akan menyebabkan sifat material berubah terlebih pada jenis *hardening* yang membuat material bersifat kuat dan keras namun getas. Dengan sifat tersebut maka akibat adanya perlakuan panas maka menyebabkan material lebih tahan akan adanya beban.
3. Larutan yang memiliki tingkat pH asam akan lebih membuat nilai laju perambatan retak lebih besar jika dibandingkan dengan pH basa dan netral.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Fenomena korosi memang sudah terjadi sejak dahulu dan masih menjadi musuh dari suatu struktur terlebih lagi dibangun dengan menggunakan material baja. Seperti diketahui bahwa struktur lepas pantai seluruh bagiannya memanfaatkan material baja yang tentunya menjadi sangat rentan terhadap korosi. Terlebih lagi lingkungan tempat struktur berada sangatlah korosif. Sudah banyak metode yang dilakukan demi menghindarkan struktur dari fenomena korosi mulai dari penggunaan *coating* atau pelapisan, *impressed current*, penggunaan anoda tumbal, dan sebagainya namun korosi kadang masih bisa saja terjadi.

Salah satu jenis korosi yang dapat terjadi adalah *stress corrosion cracking*. Korosi tipe ini diakibatkan oleh adanya tiga faktor utama yaitu material itu sendiri, lingkungan yang korosif dan juga adanya *stress* atau tegangan yang mengenai material. Tegangan yang dapat terjadi selama masa beroperasi maupun selama masa operasi memungkinkan material untuk terjadi *cracking* atau retakan. Walaupun dengan tegangan yang tentunya tidak melebihi *yield strength* karena jika melebihi maka material tersebut mengalami kegagalan berupa pecah atau patah tetapi dengan tegangan yang kecil namun secara siklis terjadi maka kelamaan retakan kecil dapat terjadi dan akan semakin membesar. Kondisi lain yang juga dapat digambarkan adalah apabila suatu plat pada badan kapal bertabrakan atau menabrak sesuatu yang keras maka terdapat tegangan yang besar mengenai material plat sehingga akan memunculkan retakan yang bisa saja akan semakin melebar. Hal tersebut dapat didukung dengan adanya kandungan kimia yang mengenai material terlebih lagi pada pipa penyalur *crude oil*.

Kandungan pada *crude oil* yang banyak mengandung hidrogen juga turut mengakibatkan munculnya retakan pada material karena hidrogen yang dapat memunculkan fenomena *hydrogen-induced cracking* atau umumnya dikenal dengan *hydrogen embrittlement*. Dengan adanya kedua fenomena tersebut tentunya dapat menjadi sebuah masalah yang cukup penting untuk dihindari. Contoh kandungan kimia yang dapat digunakan dalam penelitian yang juga merupakan larutan asam yaitu asam sulfat atau H_2SO_4 dan larutan basa yaitu natrium hidroksida

atau NaOH yang memiliki kandungan hidrogen didalamnya serta air laut juga dapat merepresentasikan bagaimana kondisi di dalam maupun luar dari pipa dasar laut. Maka penelitian ini meneliti bagaimanakah gambaran dari kondisi pipa bawah laut yang kemungkinan dapat tertumbuk oleh jangkar kapal yang membuat adanya retakan akibat tegangan yang diterima serta kondisi lingkungan korosif yang menempel pada pipa dasar laut yang menyebabkan terjadinya korosi SCC.

Penelitian mengenai *stress corrosion cracking* pernah dilakukan oleh Bayuseno dan Toi'in (2012) yang melakukan pengujian pada material *stainless steel* AISI 430 dengan menggunakan pembebanan tarik pada larutan uji korosi yaitu HCl. Penelitian sejenis juga pernah dilakukan oleh ButarButar (2005) penelitian menggunakan material *stainless steel* AISI 430 yang dipadukan dengan logam paduan lainnya seperti Mo, Mn, dsb dengan larutan uji asam lemak dan klorida pada temperatur tinggi. Sedangkan Azis (2010) juga melakukan penelitian mengenai kasus ini namun menggunakan media larutan NaCl pada baja tahan karat.

2.2 Dasar Teori

Dalam tugas akhir ini menggunakan teori-teori sebagai literatur dalam penyusunannya. Berikut ini adalah dasar teori yang digunakan:

2.2.1 Material Baja ASTM A36

2.2.1.1 Spesifikasi

Plat baja ASTM A36 merupakan jenis baja karbon rendah yang memiliki kekuatan baik disertai dengan sifat mampu bentuk yang juga baik. Penggunaan material baja jenis ini mudah untuk digunakan pada mesin dan melalui proses fabrikasi serta pada proses pengelasan. A36 pada umumnya dalam bentuk plat *structural steel* yang dapat digunakan sebagai *sacrificial* atau *galvanized* atau sebagai logam tumbal dalam meningkatkan ketahanan terhadap korosi.

2.2.1.2 Penggunaan

Plat baja A36 dapat digunakan untuk aplikasi dalam rentang yang luas, tentunya bergantung pada ketebalan dan ketahanan korosinya pada logam paduan. Berikut ini merupakan beberapa contoh penggunaan plat baja A36 yaitu :

- a. Struktur bangunan : struktur pra-fabrikasi, *warehouse* atau gudang , industrial, dan juga struktur komersil.
- b. Kabinet, pagar, dan juga bagian-bagian rumah.
- c. Pipa dan tabung.

2.2.1.3 Material Properties

a. Ukuran Plat dan Komposisi Kimia

Ukuran plat A36 umumnya berukuran 3/16” – 28” sedangkan komposisi kimia dari plat baja A36 yaitu:

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja ASTM A36

Karbon, Max %	0,026
Mangan, Max %	0
Fosfor, Max %	0,04
Sulfur, Max %	0,05
Silikon, Max %	0,4
Tembaga, Max %	0,2

Sumber : ONEAL STEEL, 2013

b. Propertis Mekanik

Berikut ini merupakan propertis mekanis yang dimiliki oleh plat baja A36 yaitu :

Tabel 2.2 Propertis Mekanik Baja ASTM A36

Tensile Strength, ksi	58-80
Yield Strength, ksi	36

Sumber : ONEAL STEEL, 2013

2.2.2 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Berikut ini merupakan jenis-jenis perlakuan panas yang pada umumnya dilakukan pada material logam saat proses fabrikasi menurut Welding Engineering (2015) yaitu :

2.2.2.1 Perlakuan *Annealing*

Perlakuan ini merupakan proses yang sering dilakukan terhadap logam dalam proses pembuatan suatu produk. Dasarnya *annealing* dilakukan dengan memberikan panas pada logam di suatu temperatur tertentu dan dibiarkan selama beberapa waktu lalu dilakukan proses pendinginan dengan laju pendinginan yang lambat atau dibiarkan di pada *furnace* hingga suhu tertentu lalu dikeluarkan di udara terbuka. Beberapa tujuan dalam melakukan proses *annealing* pada material logam yaitu :

- Melunakkan material
- Menghaluskan butiran kristal material
- Menghilangkan *internal stress*
- Memperbaiki kemampuan *machinability*

Sehingga dengan tujuan seperti diatas, perlakuan *annealing* pada proses fabrikasi sering digunakan dalam pra-fabrikasi untuk kemudian dilanjutkan pada proses selanjutnya maupun digunakan saat proses akhir yang menentukan sifat hasil akhir produk.

2.2.2.2 Perlakuan *Normalizing*

Proses ini dilakukan dengan memanaskan material logam pada suhu disekitar 925°C dan kemudian didinginkan secara lambat di udara atau suhu kamar.. Umumnya hasil dari proses *normalizing* menunjukkan material memiliki sturktur mikro yang lebih halus, sehingga dengan menggunakan baja yang sama jika dilakukan perlakuan panas bukan *normalizing* akan terlihat hasil bahwa jika menggunakan proses *normalizing* material baja akan memiliki *yield strength*, kekerasan dan *impact strength* yang lebih tinggi serta kemampuan *machinability*nya lebih baik.

Pada proses *normalizing* maupun *annealing* sebaiknya dilakukan dengan tidak memberikan temperatur yang sangat tinggi pada material. Hal itu disebabkan karena butir kristal austenit yang terjadi akan terlalu besar, sehingga pendinginan lambat yang kemudian dilakukan akan memperoleh butir ferrit yang juga kasar. Sebagai akibatnya akan berkurangnya keuletan/ketangguhan material.

2.2.2.3 Perlakuan *Hardening*

Hardening atau disebut juga pengerasan merupakan salah satu perlakuan panas yang salah satu prosesnya setelah memberikan panas pada temperatur tertentu kemudian didinginkan dengan cepat. Sehingga struktur mikro yang diperoleh tidak lah sama dengan kondisi awal atau *non-equilibrium*. *Hardening* dilakukan dengan memanaskan material logam hingga mencapai temperatur austenit, lalu dipertahankan di suatu waktu tertentu, lalu didinginkan dengan cepat sehingga diperoleh fasa martensit dimana material akan bersifat keras namun getas.

Kekerasan yang dimiliki oleh material setelah dipanaskan bergantung pada banyaknya kadar karbon yang dimiliki. Semakin tinggi kadar karbon maka akan semakin keras material yang dihasilkan begitu juga sebaliknya. Untuk memperoleh material dengan sifat pada fasa martensit perlu dilakukan pendinginan dengan cepat yaitu pendinginan kritis atau *critical cooling rate*. Laju pendinginan yang terjadi pada material bergantung pada faktor jenis media pendingin, temperatur media pendingin, dan kuatnya sirkulasi media pendingin. Berikut ini merupakan beberapa media pendingin yang dapat dipilih yaitu:

- a. Brine (air + 10 garam dapur)
- b. Air (aqueous)
- c. Salt bath (garam cair)
- d. Larutan minyak dalam air
- e. Minyak

2.2.2.4 Perlakuan *Tempering*

Material baja yang dikeraskan dengan pembentukan pada fasa martensit memiliki sifat yang getas sehingga sebenarnya tidak cukup baik untuk berbagai pemakaian. Karena juga pada fasa martensit akan meninggalkan tegangan sisa yang cukup tinggi dan biasanya sangat dihindari. Oleh karena itu, pada proses *hardening* setelah itu dilakukan proses tempering untuk menghilangkan atau mengurangi tegangan sisa yang ada pada material serta untuk mengembalikan sifat keuletan material kembali.

Tempering dilakukan dengan memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan pada proses *hardening* dengan cara dipanaskan kembali pada temperatur kritis bawah, membiarkannya beberapa waktu pada temperatur tersebut lalu kemudian didinginkan kembali. Sehingga dengan adanya pemanasan kembali fasa martensit maka kandungan karbon yang ada pada material akan keluar dan tingkat kekerasannya juga akan berkurang sehingga pula dapat mengurangi tegangan sisa. Turunnya nilai kekerasan fasa martensit akan semakin tinggi apabila temperatur yang digunakan pada proses *tempering* ini makin tinggi dan *holding time* (waktu pemanasan) juga semakin lama.

2.2.3 Korosi

2.2.3.1 Pengertian Umum

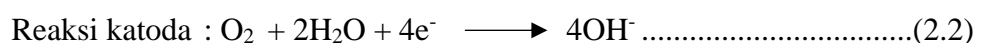
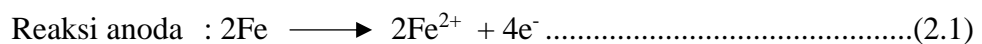
Banyak penjelasan mengenai pengertian korosi, menurut Singh (2014) korosi bisa diartikan sebagai interaksi antara material dan lingkungan dimana material tersebut berada. Lingkungan yang dapat menjadikan sebuah material dapat terkorosi dapat berupa terdapatnya cairan tertentu, temperatur yang tinggi, atau suatu material ditanamkan di bawah tanah. Menurut Zarras dan Stenger-Smith (2014) korosi adalah sebuah proses yang terjadi secara natural, yang didefinisikan sebagai penurunan kualitas dari sebuah metal pada waktu tertentu karena paparan dengan lingkungannya berada. Sehingga dapat disimpulkan bahwa korosi adalah sebuah proses elektrokimia yang terjadi secara alami diantara metal dengan lingkungannya yang menyebabkan penurunan kualitas dari metal akibat waktu pemaparan tertentu.

2.2.3.2 Penyebab Terjadinya Korosi

Pada umumnya korosi dapat terjadi karena terdapat 3 faktor utama yang menyebabkannya yaitu:

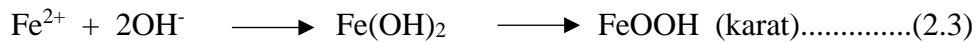
- a. Material logam
- b. *Liquid* (cairan)
- c. Udara

Dengan adanya ketiga faktor diatas maka secara alami antara metal dengan lingkungan akan terjadi reaksi elektrokimia yang terbagi atas reaksi anoda dan reaksi katoda. Reaksi anoda dapat diartikan sebagai reaksi pelepasan elektron sedangkan reaksi katoda adalah reaksi pengikatan elektron. Sebagai contoh sebuah besi diletakkan di lingkungan luar tanpa perlindungan dan dibiarkan begitu saja di tempatnya berada, sehingga korosi terjadi pada besi tersebut. Reaksi elektrokimia yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut ini:

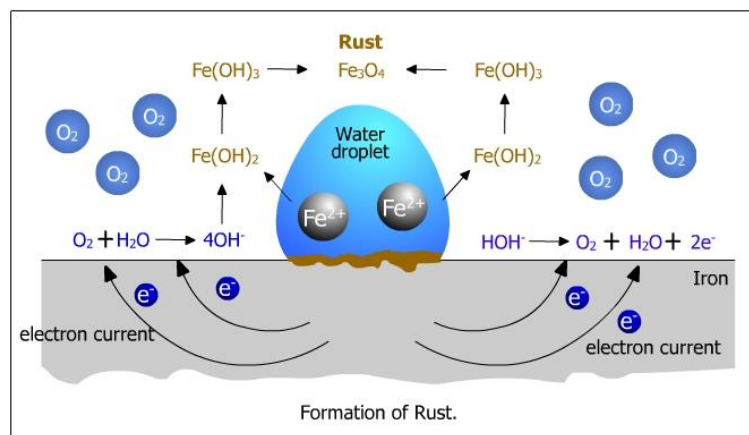


Besi yang terpapar di lingkungannya berada terjadi reaksi anoda sehingga unsur Fe yang terkandung melepaskan elektron sehingga ion Fe^{2+} juga dilepaskan. Dengan

bebasnya elektron di udara maka elektron tersebut berikatan dengan oksigen dan air sehingga membentuk ion OH^- . Dengan bebasnya ion Fe^{2+} dan OH^- di udara maka kedua ion tersebut saling berikatan dan membentuk fero hidroksida yang menjadikan terbentuknya karat pada besi. Reaksi antara Fe^{2+} dan OH^- dapat dituliskan sebagai berikut:



Jika digambarkan mekanisme terjadinya korosi pada besi dapat ditunjukkan melalui gambar di bawah ini:



Gambar 2.1 Bentuk Korosi Pada Besi

Sumber : <http://faculty.kfupm.edu.sa>

2.2.3.3 Jenis-Jenis Korosi

Terdapat beberapa jenis korosi menurut Ricker, dkk (1994) yaitu sebagai berikut:

a. Korosi Uniform

Korosi tipe ini sebagai hasil dari proses reaksi elektrokimia yang mana korosi terjadi pada keseluruhan permukaan metal. Sebagai hasil dari korosi tipe ini membuat material menjadi lebih tipis dan merubah penampakan dari permukaan material.

b. Korosi Sumuran

Korosi ini disebut dengan korosi sumuran dimana terdapat sumuran berukuran sangat kecil yang berada di permukaan material. Korosi tipe ini pada umumnya terjadi pada lapisan coating yang diaplikasikan pada permukaan material.

c. Korosi Celah

Disebut juga dengan korosi celah dimana korosi jenis ini terjadi pada celah-celah dari suatu bagian struktur seperti misalnya joints atau sambungan. Terdapatnya butiran air yang terperangkap dan adanya paparan dengan lingkungan menghasilkan korosi yang terjadi pada celah-celah sambungan.

d. Korosi Intergranuler

Pada umumnya material logam pada saat proses fabrikasi dilakukan solidifying atau pengerasan yang menyatukan beberapa campuran elemen. Selama proses pengerasan ini, butiran-butiran menyatu dan membentuk padatan. Sebagai hasilnya, komposisi kimia dan bentuk dari butiran dapat dibedakan dengan jelas. Sehingga saat terjadi korosi, permukaan material seperti tidak terjadi korosi namun pada saat dilihat menggunakan bantuan mikroskop dapat dilihat bahwa terjadi korosi pada batas butir material dan kekuatan mekanik dari material juga ikut menurun akibat korosi yang terjadi.

e. Korosi Peretakan Peka-Lingkungan

Ketika sebuah material terpapar pada lingkungan yang korosif, tegangan mekanik yang diaplikasikan pada material dapat menimbulkan retakan dan dengan adanya lingkungan yang korosif seperti air, larutan organik, liquid metals, dan gas dapat mengakibatkan korosi. Beberapa jenis korosi tersebut berupa *stress corrosion cracking (SCC)*, *chloride stress cracking*, *hydrogen embrittlement*, *liquid metal embrittlement*, *solid metal embrittlement*, *sulfide stress cracking*, dan *corrosion fatigue*.

f. Korosi Paduan

Karena setiap material memiliki perbedaan aktivitas kimia, maka salah satu elemen pada baja paduan harus secara selektif dibersihkan dari permukaan material. Element yang tidak dibersihkan pada baja paduan dapat menyebabkan baja paduan tidak sepenuhnya menjadi paduan yang mana dampak terburuknya lapisan yang tidak terpadu tersebut dapat menyebabkan material kehilangan kekuatan mekanisnya.

g. Korosi Galvanik

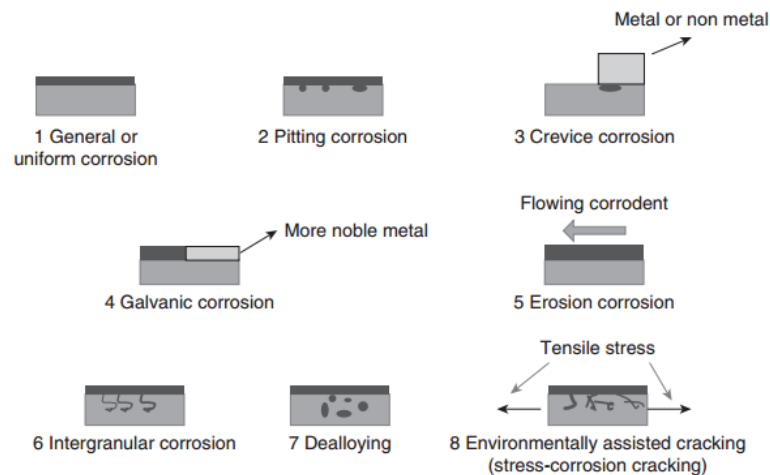
Jika terdapat dua material yang memiliki komposisi kimia dan potensial yang berbeda dan dibentuk menjadi satu bagian yang saling berdekatan akan

mengakibatkan korosi jenis ini. Lingkungan yang korosif dan adanya proses elektrokimia yang terjadi secara alami antara kedua metal akan meningkatkan laju korosi bagi metal yang lebih aktif dimana memiliki potensial yang lebih negatif dan membuat metal lainnya terlindungi dari korosi.

h. Korosi Erosi

Besarnya kecepatan dan tekanan yang dimiliki oleh fluida yang ditransportkan mengakibatkan tingkat tegangan mekanis tertentu pada material yang membuat hilangnya lapisan pelindung sehingga seiring berjalannya waktu akan menyebabkan korosi jenis ini.

Berikut ini adalah gambar mengenai jenis-jenis korosi:



Gambar 2.2 Jenis-Jenis Korosi

Sumber : Zarras dan Stenger-Smith, 2014

2.2.3.4 Cara Mencegah Korosi

Ada beberapa cara yang dapat mengatasi masalah korosi. Menurut Chandler (1985) metode untuk mencegah korosi dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu:

a. Penggunaan *coating* (pelapisan)

Coating adalah cara yang paling banyak digunakan untuk mencegah korosi pada saat ini. Jenis *coating* yang pada umumnya digunakan seperti cat, *wax*, pelumas, *hard chrome*, keramik, *cladding*, *stainless steel*, penyepuhan dengan logam mulia, dan beberapa bahan lainnya.

b. Pemilihan material yang tepat

Faktor ini berkaitan dengan nilai biaya yang akan dikeluarkan dalam memilih material yang tepat. Karena jika memilih material yang terlalu tinggi kualitasnya dengan lingkungan korosif yang tidak terlalu tinggi maka akan membuat biaya menjadi besar. Namun, jika memang material yang akan dihindarkan dari korosi cenderung kecil maka bukan menjadi masalah untuk memilih material yang tinggi kualitasnya.

c. Proteksi katodik

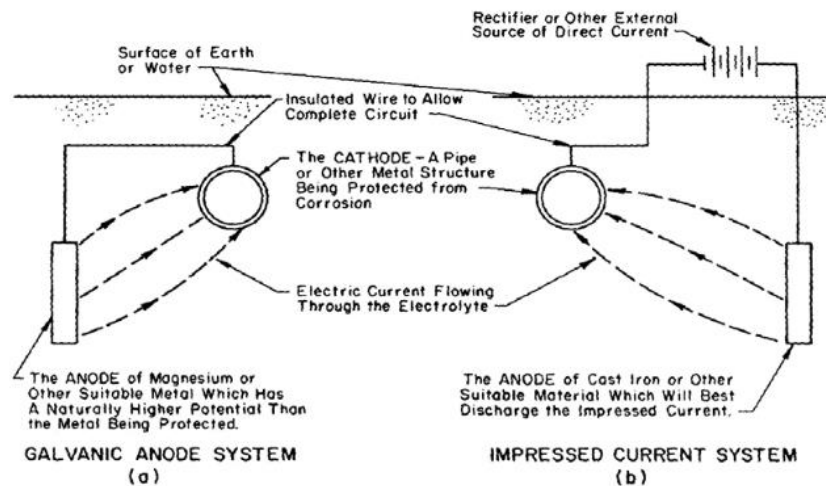
Ketika terdapat dua metal yang digabungkan pada sebuah larutan elektrolit maka salah satunya akan terkorosi dan lainnya akan terlindungi. Sehingga dengan kata lain proteksi katodik adalah cara mengendalikan korosi dengan memanfaatkan beda potensial antara anoda dan katoda. Terdapat dua jenis proteksi katodik yaitu sebagai berikut:

1. Metode *Sacrificial or galvanic anode* (anoda tumbal)

Metode ini menggunakan metal yang memiliki angka potensial lebih negatif dibandingkan metal lainnya. Sehingga dengan nilai potensial yang lebih negatif maka lebih aktif dalam pelepasan elektron sehingga bertindak sebagai anoda. Sedangkan metal lainnya bertindak sebagai katoda untuk menangkap elektron yang lepas sehingga metal tersebut terlindungi dari korosi. Metal yang biasanya digunakan sebagai anoda tumbal yaitu Cr, Zn, Mn, Al, Mg.

2. Metode *impressed current*

Metode ini dengan memanfaatkan anoda yang memiliki sifat hampir tidak terkorosi atau termasuk logam mulia, sedangkan yang bertindak sebagai katoda adalah logam yang akan dilindungi. Dengan menggunakan arus listrik yang berasal dari *rectifier* yang menghubungkan kedua anoda katoda tersebut maka elektron akan lepas dari anoda menuju katoda melalui aliran listrik yang ada. Berikut ini adalah gambar yang menjelaskan mengenai *sacrificial or galvanic anode* dengan *impressed current* :



Gambar 2.3 Galvanic Or Sacrificial Anode dan Impressed Current

Sumber : Guyer, 2009

d. Pengontrolan pada lingkungan

Metode ini khusus digunakan untuk lingkungan yang dibuat khusus pada suatu area tertentu sehingga dengan kata lain tidak untuk lingkungan yang terbuka.

2.2.4 Hydrogen Embrittlement

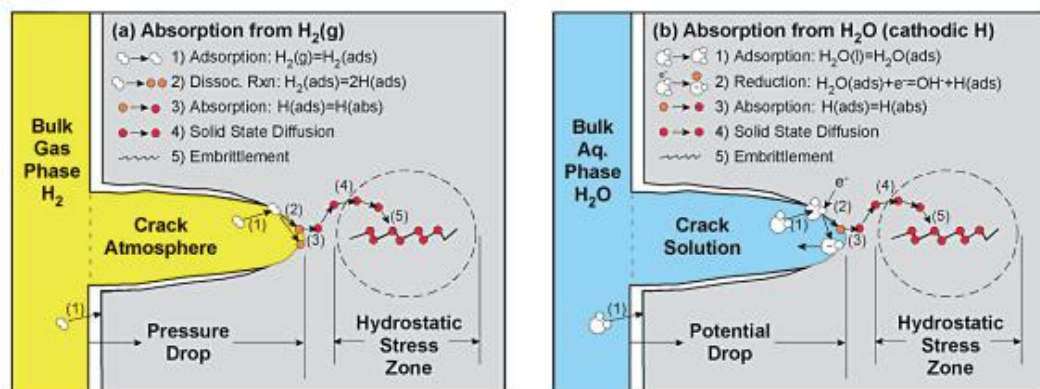
2.2.4.1 Pengertian dan Penyebab *Hydrogen Embrittlement*

Menurut Herring (2010) *hydrogen embrittlement* juga diketahui sebagai hidrogen yang mengimbas retakan atau *hydrogen attack* yang menyebabkan kerusakan pada material terlebih lagi jika sebelumnya melalui proses operasi seperti *plating*. *Embrittlement* yang dimaksudkan yaitu fenomena yang menyebabkan hilangnya *ductility* kelenturan material dan menjadikannya getas. Sehingga dengan kata lain *hydrogen embrittlement* yaitu adanya keberadaan hidrogen pada material yang menyebabkan berkurangnya *ductility* dan kegagalan dibawah tekanan tertentu. Sedangkan menurut Eliaz, dkk (2002) pada suatu kondisi tertentu hidrogen dapat merusak perilaku keretakan pada kebanyakan logam. *Embrittlement* sendiri dapat terjadi sebagai hasil adanya hidrogen pada sekat-sekat material selama proses pemberian beban pada material yang disebut dengan *internal hydrogen embrittlement*. Sedangkan *embrittlement* juga hasil dari paparan sebuah material

di lingkungan yang mengandung hidrogen yang sering disebut dengan *external hydrogen embrittlement*.

2.2.4.2 Mekanisme Terjadinya *Hydrogen Embrittlement*

Seperti diketahui sebelumnya bahwa dengan keberadaan hidrogen pada sebuah material akan menyebabkan kegagalan dan mengurangi kekuatan lentur material tersebut. Menurut Herring (2010), secara umum dapat dikatakan bahwa hidrogen dalam bentuk atom akan masuk dan terdifusi melalui permukaan material pada suatu temperatur tertentu. Ketika terserap hidrogen yang terlarut itu berupa atom atau molekul hidrogen. Karena molekul hidrogen tersebut terlalu besar untuk terdifusi keseluruhan bagian material, adanya tekanan tertentu pada material menyebabkan munculnya *crack* atau retakan. Mekanisme dari terjadinya *hydrogen embrittlement* ini dapat digambarkan seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2.4 Mekanisme *Hydrogen Embrittlement*

Sumber : Herring, 2010

Seperti dapat dijelaskan melalui gambar tersebut mekanisme terjadinya *hydrogen embrittlement* hingga mengakibatkan retak pada material yaitu:

1. Adanya hidrogen yang ada di lingkungan sekitar material tidak menutup kemungkinan bahwa hidrogen akan menempel pada permukaan material.
2. Setelah hidrogen terserap lalu terjadi reaksi reduksi dimana hidrogen berikatan dengan elektron yang bergerak bebas di permukaan material.
3. Atom hidrogen yang terlepas lalu terserap masuk melalui permukaan material dan terperangkap di dalam material.

4. Karena besarnya atom hidrogen yang masuk dan tidak dapat terdifusi dengan baik ke seluruh bagian material maka terjadi penumpukan hidrogen di dalam material.
5. Karena penumpukan hidrogen pada material menyebabkan munculnya *crack* atau retakan yang mulanya kecil dan dengan seiring waktu retakan tersebut bisa menjalar dan semakin meluas.

2.2.4.3 Cara Mengatasi *Hydrogen Embrittlement*

Terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan dalam menangani masalah *hydrogen embrittlement* ini. Menurut Avery, dkk (2001) ada dua cara dalam menghindari material dari serangan hidrogen yaitu meminimalisir adanya konten hidrogen pada material dan mengurangi tegangan internal. Dalam mengurangi konten hidrogen pada material dapat dilakukan dengan *heat treatment* dengan temperatur diantara 100°C-600°C. Tidak dianjurkan untuk memberikan temperatur diatas 700°C karena hidrogen justru semakin tinggi mobilitasnya dalam berdifusi saat berada pada temperatur tinggi.

Menurut Chandler (1985) ada dua metode yang dapat digunakan untuk mengontrol fenomena *hydrogen embrittlement* ini dengan berdasarkan penyebabnya. Metode tersebut yaitu sebagai berikut:

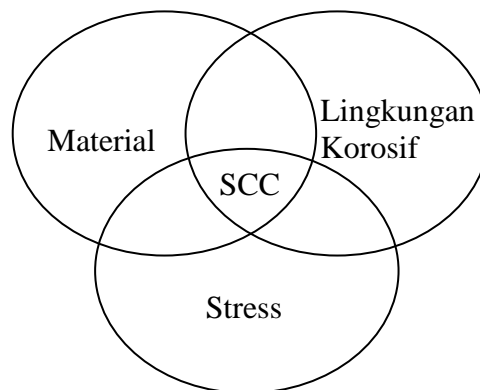
1. Mengontrol pada lingkungan yang menyebabkan terbentuknya dan terserapnya hidrogen pada material. Hal ini memang sulit untuk dilakukan namun, ada metode yang dapat membantu yaitu dengan menggunakan *coating, inhibitors*, menaikkan angka pH.
2. Menggunakan logam yang tidak rentan dengan serangan hidrogen. Namun, metode ini bukan dengan mudah dapat dilakukan karena harus terdapat data-data yang berasal dari hasil tes laboratorium dan kemungkinan tidak dapat diaplikasikan karena keterbatasan material yang mumpuni. Beberapa telah dilakukan seperti memadukan antara baja dengan tembaga dan beberapa perbaikan kualitas pada material baja yang ada.

2.2.5 Stress Corrosion Cracking

2.2.5.1 Pengertian dan Penyebab *Stress Corrosion Cracking*

Menurut Chiang dan Shukla, *stress corrosion cracking* (SCC) adalah fenomena yang mana sebuah material kehilangan kekerasannya saat berada di bawah tekanan mekanis. Pengertian lain dari SCC yaitu sebuah fenomena yang terjadi akibat kombinasi dari *tensile stress* dengan lingkungan yang korosif (Eliaz, dkk, 2002). Terjadinya SCC dikarenakan terdapat tiga faktor yang mempengaruhi yaitu :

- (i) material yang berhubungan dengan proses metalurgi seperti las, perlakuan panas, dan juga secara mikrostruktur material;
- (ii) lingkungan korosif yang berhubungan dengan kandungan kimia lingkungan, temperatur, dll;
- (iii) *stress* atau tegangan yang terjadi pada material seperti nilai dari *residual stress*, tegangan aplikasi, efek gempa bumi, dll.



Gambar 2.5 Faktor Yang Mempengaruhi SCC

Berdasarkan penjabaran yang telah dilakukan oleh Brown, berikut ini adalah ciri-ciri utama yang dapat memperlihatkan adanya SCC:

1. Bahwa memang tegangan tarik itu terjadi karena SCC merupakan hasil kombinasi dari tegangan dengan korosi. Tegangan itu sendiri bisa dialami oleh material pada saat masa beroperasi tetapi juga bisa dimiliki pada saat material ada pada masa fabrikasi.
2. Untuk logam paduan (*alloy*) lebih rentan mengalami korosi SCC dibandingkan dengan logam murni tetapi tidak untuk tembaga.

3. Retaknya logam dengan besaran tertentu hanya disebabkan oleh adanya unsur kimia berasal dari lingkungan yang mengenai material walau hanya dengan konsentrasi kecil.
4. Walaupun tidak terdapat tegangan logam paduan memiliki sifat lembam yang dapat menyebabkan retakan.
5. Jika suatu logam memiliki sifat kekuatan tarik yang baik, SCC yang terjadi terlihat seperti patahan rapuh.
6. Untuk tegangan yang diaplikasikan kita dapat menentukan sendiri hingga mencapai ambang batas, jika tegangan yang diberikan berada dibawah ambang batas maka korosi SCC tidak akan terjadi.

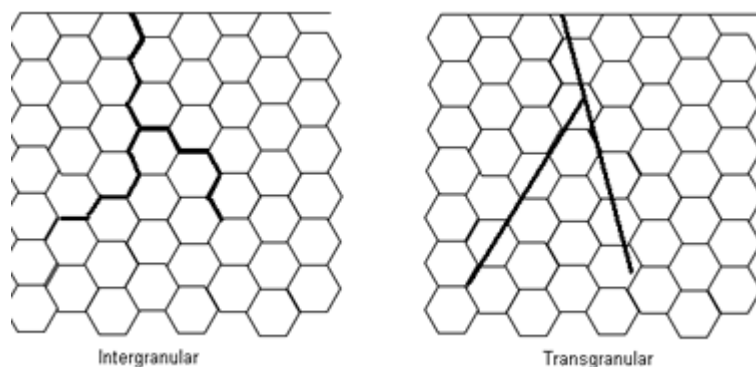
Pada jenis SCC ini terdapat dua macam penampakan retakan atau *brittle* yang dapat terjadi akibat dari korosi yaitu sebagai berikut:

a. Tipe *transgranular fracture*

Retakan ini terjadi melewati sepanjang butiran material tanpa mengikuti alur batas butir. Retakan berubah arahnya dari butir satu ke yang lainnya karena perbedaan pola orientasi atom disetiap butir. Retakan menjalar menuju butir yang lebih rendah resistensinya.

b. Tipe *intergranular fracture*

Retakan ini terjadi mengikuti batas butir material. Retakan jenis ini terjadi jika fase yang ada pada batas butir bersifat lemah dan rapuh.



Gambar 2.6 Tipe *Fracture* Pada Korosi SCC

Sumber : octane.nmt.edu

2.2.5.2 Mekanisme

Mekanisme terjadinya peristiwa SCC menurut National Physical Laboratory dapat disimpulkan menjadi sebagai berikut ini:

1. Terputusnya lajur aktif

Pada tahap ini terjadi percepatan korosi semakin tinggi diikuti dengan menjadi pasifnya dinding pemisah material. Sedangkan bagian yang paling aktif dari material yaitu batas butirnya. Contohnya jika sebuah stainless steel disensitasi dengan kromium karbida disepanjang batas butirnya, maka kandungan kromium pada stainless steel di batas butirnya akan berkurang, dan pada batas butirnya akan menjadi aktif. Konsekuensinya korosi celah dapat terjadi pada batas butir. Dengan adanya tegangan yang diaplikasikan akan membuat semakin terbukanya retakan sehingga difusi dari penyebab korosi semakin mudah masuk melalui retakan dan material bisa terkorosi dengan mudah.

2. Terjadinya *hydrogen embrittlement*

Adanya hidrogen bebas di udara dapat terlarut pada semua permukaan material. pada ukuran atom terkecilnya sekalipun. Sehingga dapat berdampak semakin mudahnya hidrogen untuk terdifusi dengan mudah pada material. Dengan adanya retakan yang sudah terjadi maka hidrogen yang terdifusi pada permukaan material akan membuat terjadinya *hydrogen embrittlement* yang dapat berupa tipe intergranular maupun transgranular akibatnya retakan yang sudah terjadi dapat semakin parah.

3. Pelapisan terimbas pembelahan

Jika sebuah lapisan yang rapuh telah terjadi akibat adanya proses korosi diatas makan retakan yang ada akan semakin terjadi terus menerus dan mengumpul sehingga retakan yang mulanya kecil menjadi terlihat besar.

2.2.5.3 Cara Mencegah *Stress Corrosion Cracking*

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan dalam mengurangi dan mencegah terjadinya fenomena SCC melalui beberapa metode menurut Fontana (1987) yaitu sebagai berikut:

1. Menurunkan nilai *stress* pada material dibawah ambang batas. Dapat dilakukan dengan cara memberikan perlakuan panas annealing untuk menghilangkan residual *stress* dan menurunkan tegangan.
2. Menghilangkan spesimen yang mengganggu dengan cara *degasification*, *demineralization*, atau *distillation*.
3. Mengganti material logam jika pengontrolan pada lingkungan dan tegangan tidak dapat dirubah.
4. Menggunakan proteksi katodik dengan menggunakan tenaga listrik eksternal.
5. Menambahkan *inhibitor* pada material karena penggunaan *inhibitor* mampu mengurangi SCC dengan baik.
6. Menggu nakan coating atau pelapisan namun, metode ini tidak selalu digunakan karena bergantung pada lingkungannya.
7. Mengaplikasikan *shot-peening* atau *shot-blasting*.

2.2.6 Perlakuan *Bending* Pada Material

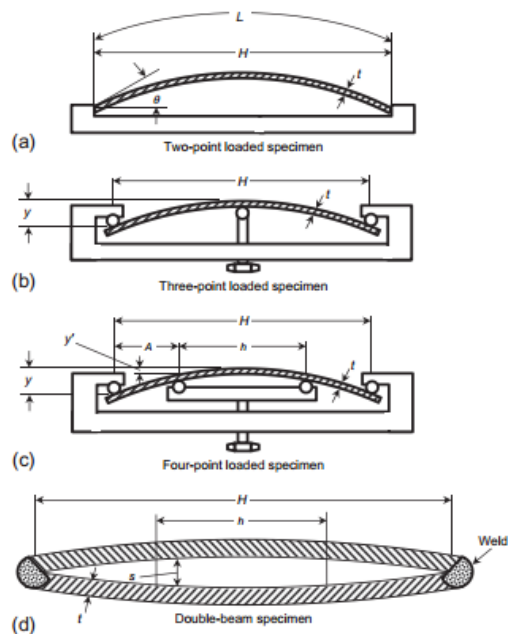
Menurut Popov (2015) tes pada spesimen yang mengikutkan tegangan sehingga menyebabkan deformasi adalah sebagai berikut:

- | | |
|------------------|----------------------------|
| a. <i>C-ring</i> | c. <i>Bend-Beam</i> |
| b. <i>U-bend</i> | d. <i>Tensile specimen</i> |

Ketika batas elastis material dilewati akibat adanya tegangan tetap, akibatnya grafik hubungan tegangan-regangan tidak linier sehingga jika melebihi batas elastis itu material akan gagal. Pada penelitian digunakan perlakuan jenis *U-bend* dengan berdasarkan ASTM G-39 untuk penentuan perlakuan pada material uji.

Menurut ASTM G-39, perlakuan bending pada material dimana tegangan yang diaplikasikan ditentukan berdasarkan ukuran spesimen dan bending defleksinya. Yang mana kemudian spesimen dipaparkan pada lingkungan pengujian dan waktu yang dibutuhkan untuk retakan agar tercipta. Waktu retakan digunakan untuk mengukur ketahanan terhadap *stress-corrosion* pada material selama masa pengujian. Sehingga dengan kata lain pengujian ini didesain untuk menentukan sifat dan perilaku material terhadap *stress-corrosion* pada beberapa jenis lingkungan.

Dalam pengujian, *bent-beam specimens* didesain untuk pengujian dengan tegangan dibawah batas elastis dari material. Walaupun pada realitanya *bent-beam specimens* dapat dilakukan hingga mencapai rentang plastis material, namun untuk tegangan tersebut tidak dapat dihitung pada jenis *three-point* dan *four-point* spesimen sehingga tidak disarankan untuk memberikan beban diatas batas elastis material. Berikut ini merupakan jenis-jenis perlakuan untuk *bent-beam specimens* tipe *U-bend*:



Gambar 2.7 Skema Spesimen dan Konfigurasi Penahan

Sumber : ASTM G-39. 1999

Berdasarkan tipe skema spesimen dan konfigurasi penahan diatas maka perhitungan tegangan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tipe *Two-Point Loaded Specimens*

Pada tipe ini spesimen atau material uji dapat digunakan untuk material yang tidak berdeformasi secara plastis ketika dibengkokkan hingga $(L-H)/H = 0,01$. Ukuran spesimen yang digunakan paling besar sepanjang 254 mm agar dapat dilakukan pemotongan dengan ukuran yang tepat saat setelah proses pembengkokan.

Untuk menghitung tegangan elastis pada bagian tengah tipe *two-point loaded specimens* ini dapat digunakan hubungan teoritis yang tepat pada analisis defleksi yaitu :

$$\varepsilon = 4 (2E - K) \left[\frac{k}{2} - \frac{2E-K}{12} \left(\frac{t}{H} \right) \right] \frac{t}{H} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$(L - H)/H = [K/2E - K] - 1 \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan:

L = panjang spesimen

H = jarak antara *support* (penahan)

t = tebal spesimen

ε = regangan maksimum

$K = \int_0^{\pi/2} (1 - k^2 \sin^2 z)^{-1/2} dz$ (*complete elliptic integral of the first kind*)

$E = \int_0^{\pi/2} (1 - k^2 \sin^2 z)^{1/2} dz$ (*complete elliptic integral of the second kind*)

k = sin ($\theta/2$)

θ = *maximun slope of the spesimen,*

z = *integration parameter*

Namun, juga dapat menggunakan rumus berikut untuk menentukan regangan yaitu :

$$\varepsilon = \sigma / E_m \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan

σ = tegangan

E_m = modulus elastisitas

Sehingga dengan didapatkannya nilai regangan maka akan didapatkan nilai variabel k seperti pada persamaan 2.1. Lalu selanjutnya menghitung defleksi pada spesimen dengan persamaan dibawah ini:

$$y/H = k/(2E - K) \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan

y = defleksi maksimum

Dengan beberapa persamaan diatas dapat disimpulkan dan diringkas menjadi persamaan dibawah ini dalam menentukan panjang spesimen dan tegangan yang diberikan yaitu:

$$L = (ktE/\sigma) \sin^{-1} (H\sigma/ktE) \dots \dots \dots (2.8)$$

dengan

$k = 1,280$ (konstan)

Persamaan (2.5) dapat digunakan jika nilai dari $(H\sigma/ktE) \leq 1$. Dalam pengujian pilih tebal dan panjang spesimen serta penahan yang dapat memberikan nilai dari $(L - H)/H$ berkisar antara 0,01 – 0,50 sehingga risiko kegagalan masih dalam batas yang diijinkan. Untuk spesimen dengan tebal antara 0,8 – 1,8 mm dan penahan 177,8 – 215,9 mm adalah sangat baik ketika bekerja pada baja dan alumunium yang diberikan tegangan berkisar antara 205 MPa (30 ksi) untuk alumunium dan 1380 Mpa (200 ksi) untuk baja.

2. Tipe *Three-Point Loaded Specimens*

Spesimen pada pekerjaan tipe ini bentuknya berupa plat datar dengan lebar sekitar 25 – 51 mm dan 127 – 254 mm panjang. Mekanismenya yaitu gunakan *support* atau penahan pada kedua ujung material uji dan bengkokkan spesimen dengan menekan menggunakan *screw* atau sekrup (diperalat dengan bola atau pisau-tepian) pada tepat bagian tengah dari kedua ujung *support*. Dalam menghitung tegangan elastis pada bagian tengah material yang dikenai beban dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$\sigma = 6Ety/H^2 \dots \dots \dots (2.9)$$

dengan:

σ = regangan maksimum

E = modulus elastisitas

t = tebal spesimen

y = defleksi maksimum

H = jarak antara kedua ujung *support*

Persamaan di atas didasarkan pada angka defleksi yang kecil yaitu $y/H \leq 0,1$. Pada tipe ini tegangan maksimum yang terjadi yaitu pada bagian tengah spesimen dan berangsur menurun hingga mendekati nol pada kedua ujung *support*.

3. Tipe *Four-Point Loaded Specimens*

Pada perlakuan tipe ini spesimen berukuran 25 – 51 mm lebar dan 127 – 254 mm panjangnya. Gunakan *support* pada kedua ujung spesimen dan tekan dua bagian dalam antara kedua ujung *support*. Dua bagian *support* dalam diletakkan secara simetris disekitar bagian titik tengah dari *support* luar. Besarnya tegangan elastis yang ada pada titik tengah spesimen dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$\sigma = 12 Ety / (3H^2 - 4A^2) \dots \dots \dots (2.10)$$

dengan

A = jarak antara *support* luar dan *support* dalam

Pada umumnya nilai dari jarak antara *support* luar dengan dalam yaitu sebesar $A = H/4$. Sehingga dapat pula dihitung defleksi yang terjadi yaitu :

$$\sigma = 4Ety' / h^2 \dots \dots \dots (2.11)$$

dengan

h = jarak antara kedua *support* dalam

y' = defleksi antara kedua *support* dalam

4. Tipe *Double-Beam Specimens*

Pada tipe ini spesimen yang digunakan harus terdapat dua “lapis” spesimen yang memiliki standar ukuran 25 – 51 mm lebar dan 127 – 254 mm panjang. Bengkokkan kedua material tersebut secara berlawanan arah sehingga saling menjauh dan terdapat jarak tertentu pada spesimen dan kedua ujungnya menempel satu sama lain. Kemudian tahan pada posisi tersebut dan lakukan pengelasan pada kedua ujung spesimen. Perhitungan tegangan elastis pada bagian tengah kedua spesimen (*spacer*) dapat diberikan dengan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{3 E t s}{H^2 \left[1 - \left(\frac{h}{H} \right) \right] \left[1 + \left(\frac{2h}{H} \right) \right]} \dots\dots\dots(2.12)$$

dengan

s = tebal *spacer*

h = panjang *spacer*

Sehingga ketika panjang *spacer* (h) dipilih maka nilai $H - 2h$ pada persamaan 2.9 dapat disubstitusi sehingga persamaan 2.9 menjadi :

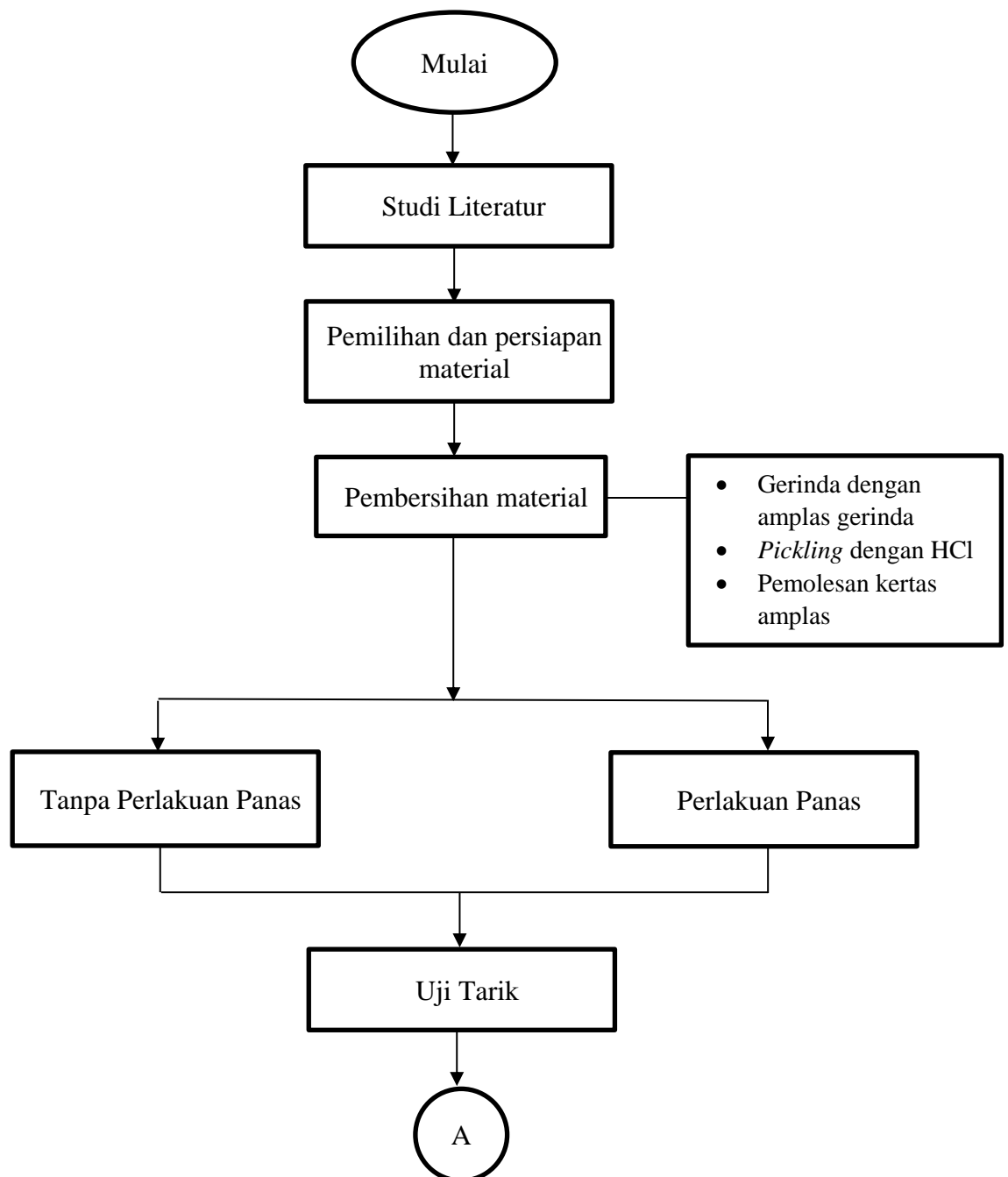
$$\sigma = 3 Ets/H^2 \dots\dots\dots(2.13)$$

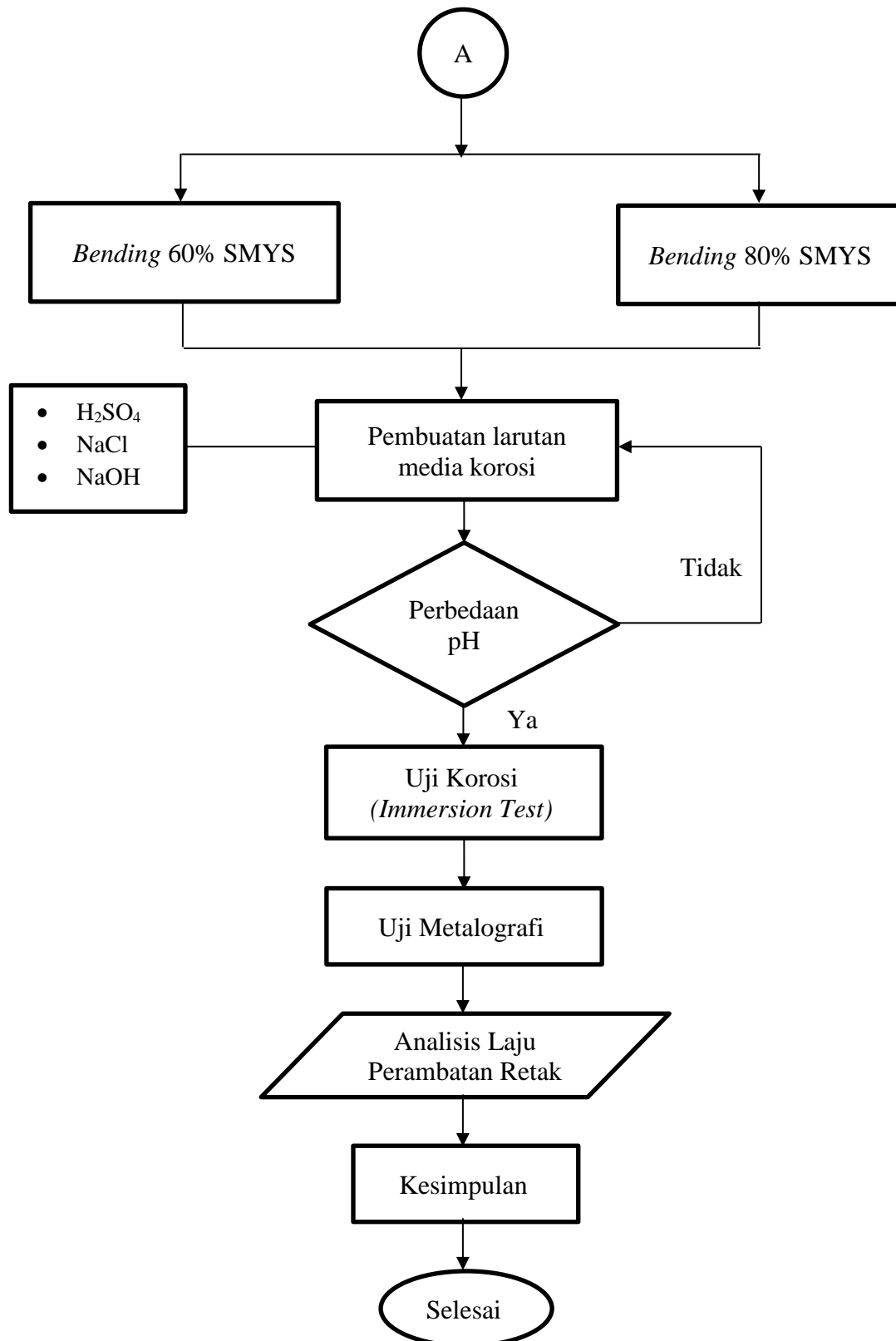
Persamaan diatas didasarkan pada angka defleksi yang kecil yaitu antara $s/H \leq 0,2$. Pada tipe ini tegangan maksimum terjadi pada kontak poin antara *spacer* dan nilai dari tegangan adalah konstan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.2 Penjelasan Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan tahap-tahap penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini yaitu:

1. Studi literatur.

Hal pertama yang dilakukan adalah studi literatur dengan cara mencari dan mempelajari buku-buku, jurnal maupun *paper* yang terkait dengan tema penelitian yang dilakukan.

2. Pemilihan dan Persiapan Material.

Pada tahapan penelitian ini terbagi menjadi dua jenis kegiatan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

- a. Pemilihan material

Tahap ini dilakukan pembelian dan pemilihan material yang tepat dan sesuai dengan tujuan dari penelitian yang dilakukan. Material yang dibutuhkan pada penelitian kali ini adalah material baja ASTM A36 yang memang umum digunakan pada proses fabrikasi. Pemilihan material yang dibutuhkan harus berhati-hati karena setiap material memiliki komposisi yang berbeda dengan dibuktikan adanya sertifikat yang ada.

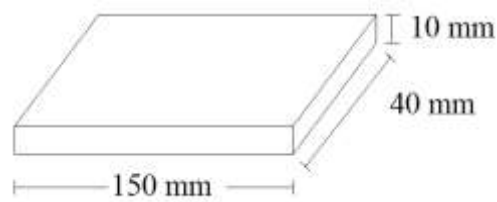


Gambar 3.2 Material Plat Baja ASTM A36



Gambar 3.3 Sertifikat Material

Setelah material terpilih kemudian yaitu melakukan persiapan material yaitu dengan memotong material sesuai dengan ukuran yang sudah direncanakan yaitu 150 mm x 40 mm x 10 mm.



Gambar 3.4 Rancangan Ukuran Material



Gambar 3.5 Material Hasil Pemotongan

b. Pemilihan larutan uji

Selanjutnya yaitu memilih larutan uji yang juga sudah direncanakan sesuai dengan teori dan metode yang ada pada penelitian. Sesuai dengan metode penelitian yang ada jenis larutan uji yang digunakan yaitu H_2SO_4 , NaCl, NaOH, dan juga aquades.



Gambar 3.6 Pemilihan Larutan Uji

3. Pembersihan Material.

Material yang sudah dipersiapkan memiliki kondisi yang tidak memungkinkan untuk langsung digunakan melainkan harus melalui proses pembersihan terlebih dahulu. Hal itu dikarenakan terdapatnya terak-terak sisa pemotongan material, karat pada permukaan, dan kotoran yang menempel pada material. Berdasarkan ASTM G1-03 terdapat tiga cara pembersihan material yaitu dengan membersihkan material dari fluida kontaminan, menggunakan gerinda dengan amplas gerinda atau kertas silika (SiC) dan juga dipanaskan pada suhu $100^{\circ}C$ selama satu jam lamanya.



Gambar 3.7 Material Uji Sebelum Pembersihan

Pada tahap pembersihan material ini dibutuhkan beberapa peralatan dan bahan penunjang yang digunakan yaitu sebagai berikut:

a. Gerinda

Berikut ini adalah gambar dari alat gerinda yang digunakan:



Gambar 3.8 Alat Gerinda

b. Amplas Gerinda

Pada tahap penelitian ini, material dihaluskan dengan menggunakan gerinda secara bertahap berdasarkan tingkat kehalusan amplas yaitu dengan menggunakan amplas gerinda grade AA24, A120, A240, 320 dan juga 600.



Gambar 3.9 Amplas Gerinda

Sehingga terlihat bahwa material yang semula kotor, kasar karena terak dan juga karat akan menghasilkan material yang menjadi bersih dan halus dan siap untuk dilakukan penelitian tahap selanjutnya.



Gambar 3.10 Material Setelah Dibersihkan

4. Perlakuan dan Tanpa Perlakuan Panas.

Setelah seluruh persiapan material telah selesai selanjutnya material uji dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu tanpa perlakuan panas dan dengan perlakuan panas. Perlakuan panas itu sendiri dengan menggunakan perlakuan jenis *hardening* dengan menggunakan suhu sebesar 850°C dan waktu penahanan (*holding time*) selama 1 jam. Media pendinginan yang digunakan pada perlakuan panas *hardening* ini yaitu air. Adapun alat dan bahan yang digunakan pada tahapan ini yaitu sebagai berikut:

a. Alat pemanas *furnace*



Gambar 3.11 Tampak Luar Alat *Furnace* (kiri) dan Tampak Dalam Alat *Furnace* (kanan)

Material yang sebanyak 6 buah yang diperuntukkan melalui tahap perlakuan panas diletakkan pada bagian dalam *furnace* dan ditata sedemikian rupa agar panas yang merata mengenai seluruh permukaan material. Kemudian mengatur suhu yang ingin digunakan pada perlakuan panas yang terletak dibagian kiri dari *furnace*. Setelah semuanya siap lalu tombol *on* pada alat ditekan untuk memulai perlakuan panas. Kemudian hal yang dilakukan yaitu mencatat pergerakan suhu dan waktu penahanan agar selalu tepat.

b. Wadah dan Air

Setelah suhu mencapai 850°C dan waktu penahanan menunjukkan 1 jam maka alat *furnace* dimatikan kemudian mempersiapkan untuk melakukan pendinginan cepat dengan media pendingin air yang sudah dimasukkan kedalam sebuah wadah. Pencelupan pada media pendingin dilakukan hingga dirasa material sudah tidak bersuhu panas lagi yang kemudian material dikeringkan.

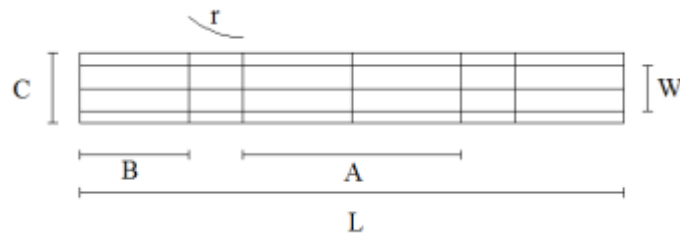
5. Uji Tarik

Tahapan ini dilakukan dengan maksud untuk mendapatkan nilai dari yield strength material berdasarkan kondisi nyata yang ada pada material. Dalam menentukan dimensi dari material untuk dilakukan uji tarik menggunakan *rules ASTM A370* dimana dikhususkan untuk *row material* tanpa ada proses pengelasan. Maka tahapan yang dilakukan dalam pengujian tarik ini yaitu sebagai berikut:

a. Penentuan dimensi material

Dengan mengacu pada *rules ASTM A-370* untuk *row material* maka dimensi material yang dipersiapkan untuk dilakukan uji tarik yaitu sebagai berikut:

L : 150 mm	B : 30 mm
C : 19 mm	W : 12,5 mm
r : 15 mm	A : 60 mm



Gambar 3.12 Rancangan Dimensi Material Uji Tarik

b. Pembentukan material sesuai dimensi

Setelah merancang perkiraan dimensi material untuk pengujian tarik lalu tahap selanjutnya adalah membentuk material berdasarkan ukuran yang sudah ada dengan menggunakan gerinda dan amplas gerinda grade AA24. Sehingga material akan berbentuk seperti ditunjukkan gambar dibawah ini:



Gambar 3.13 Gambaran Bentuk Material Uji Tarik



Gambar 3.14 Hasil Pembentukan Material Uji Tarik

c. Pengujian tarik material

Setelah semua persiapan pada material telah siap maka selanjutnya adalah melakukan pengujian tarik pada mesin untuk mendapatkan nilai gaya tarik yang kemudian dapat dikonversi untuk mengetahui nilai dari *yield strength* material. Adapun langkah-langkah dalam mengoperasikan alat pengujian tarik yaitu sebagai berikut:

1) Menyiapkan kertas milimeter dan pena

Menyiapkan kertas milimeter dan pena yang berguna untuk menuliskan pergerakan kurva regangan – tegangan yang secara otomatis akan bergerak dengan sendirinya mengikuti pergerakan tuas penarik pada alat uji sesuai dengan kondisi material uji yang semakin tertarik pula.



Gambar 3.15 Kertas Milimeter dan Pena Pada Alat Uji

2) Meletakkan material pada alat uji

Kemudian yaitu memposisikan material pada penjepit yang ada pada alat uji dan dipastikan bahwa posisi berada di tempat yang tepat dan kemudian mengunci material agar tidak bergerak.



Gambar 3.16 Meletakkan Material Pada Alat Uji Tarik

3) Menarik tuas yang ada pada alat uji

Menarik tuas pada alat uji tarik secara perlahan yang menandakan material mengalami penarikan. Penarikan tuas dilakukan hingga terdengar suara seperti dentuman pada material uji yang berarti material uji telah patah.



Gambar 3.17 Menarik Tuas Pada Alat Uji Tarik

4) Hasil pengujian tarik

Pada bagian ini akan didapatkan material yang sudah patah dan terputus sebagai hasil dari pengujian tarik. Kemudian langkah selanjutnya adalah melihat bagaimana gambaran kurva tegangan – regangan yang tertulis secara otomatis pada alat uji untuk mengetahui nilai gaya tarik dan gaya ultimate dari material. Kemudian terdapat beberapa hasil analisa dari pengujian tarik pada material yang dapat diambil yaitu sebagai berikut:

- a) Kurva Regangan – Tegangan
- b) Tabel Hasil Uji Tarik
- c) Perhitungan Nilai-Nilai Hasil Pengujian

6. Uji *Bending* Pada Material

Pada tahap ini material dibagi menjadi 2 kelompok pengujian yaitu dengan memberikan perlakuan *bending* yang bertegangan 60% dan 80% dari nilai *yield strength*. Adapun *rules* yang digunakan pada uji bending ini yaitu mengacu pada ASTM G-39. Diketahui bahwa pada *rules* tersebut terdapat 4 jenis macam perlakuan *bending* yang dapat dilakukan dengan berdasarkan kondisi material khususnya pada dimensi materialnya. Sehingga dengan dimensi material penelitian yang dimiliki sebesar 150 mm x 40 mm x 10 mm maka metode yang digunakan untuk uji *bending* yaitu metode *four-point loaded specimen*. Berikut ini merupakan tahapan yang dilakukan dalam melakukan uji *bending*:

a) Persiapan material dan alat uji

Pada tahap ini setelah menentukan metode bending yang sesuai dengan material lalu kemudian mempersiapkan alat uji nya yang juga telah dipilih. Dalam penelitian ini *four-point loaded specimen* adalah metode yang digunakan.



Gambar 3.18 Persiapan Alat Uji

b) Mempersiapkan kertas milimeter dan pena

Tahap kedua yaitu mempersiapkan kertas milimeter dan pena yang berguna untuk menggambar secara otomatis kurva regangan – tegangan yang berdasarkan kondisi pergerakan lekukan material pada saat pengujian *bending* berlangsung. Dengan adanya kurva yang nantinya akan terbentuk dapat dilihat pula bagaimana nilai tegangan yang diaplikasikan.



Gambar 3.19 Mempersiapkan Kertas Milimeter dan Pena

c) Meletakkan material pada bidang uji

Setelah semua persiapan telah dilakukan kemudain tahap selanjutnya adalah meletakkan material pada bidang uji. Meletakkan material harus tepat ditengah dan posisi yang berimbang baik dari sisi kanan-kiri maupun atas-bawah agar tercipta hasil *bending* yang optimal.



Gambar 3.20 Meletakkan Material Pada Bidang Uji

d) Mengontrol nilai tegangan

Setelah posisi material sudah tepat maka kemudian memulai perlakuan bending dengan memutar “kemudi” pada alat uji. Kemudi tersebut menandakan nilai tegangan yang diaplikasikan pada material. Pemutaran kemudi haruslah sangat berhati-hati mengingat nilai tegangan yang harus diaplikasikan harus sesuai walaupun nantinya *human error* tidak dapat dihindari. Untuk nilai tegangan yang diaplikasikan yaitu sebagai berikut:

- 60% SYMS = 25,8 kN \approx 26 kN
- 80% SMYS = 34,4 kN \approx 35 kN

Dengan adanya pergerakan nilai tegangan maka secara otomatis kurva juga akan tercipta untuk memperlihatkan bagaimana kondisi material saat dikenai tegangan.



Gambar 3.21 Mengontrol Nilai Tegangan Pada Alat Uji

e) Hasil uji *bending*

Hasil uji ini bukan hanya mendapatkan material yang sudah pada kondisi bengkok namun juga dapat melihat bagaimana sifat material dan besar tegangan yang diterima material melalui kurva tegangan – regangan yang dihasilkan.

7. Pembuatan Larutan Media Korosi

Dalam pengujian korosi yang dilakukan menggunakan tiga jenis larutan yang berbeda tingkat keasaman atau pHnya, yaitu pH asam ($\text{pH} < 7$) menggunakan larutan H_2SO_4 , pH netral ($\text{pH} \pm 7$) yang sekaligus menjadi lingkungan air laut buatan yaitu menggunakan larutan NaCl , serta pH basa ($\text{pH} > 7$) menggunakan larutan NaOH .

Adapun langkah-langkah pembuatan ketiga larutan uji diatas yaitu:

1. Menentukan konsentrasi larutan yang akan digunakan dalam pengujian korosi menggunakan *sulfuric acid* atau H_2SO_4 menggunakan konsentrasi sebesar 5%. Dan untuk penggunaan *sodium hydroxide* atau NaOH menggunakan konsentrasi sebesar 15% serta larutan NaCl sebagai pengganti air laut digunakan konsentrasi sebesar 5%.
2. Persiapkan seluruh bahan dan peralatan pembuatan larutan yaitu, aquades, NaCl , NaOH , larutan H_2SO_4 , gelas ukur, neraca analitik dan wadah berukuran 1000 ml.
3. Penimbangan bahan yaitu dengan konsentrasi 5% NaCl maka digunakan NaCl sebesar 50 gram, untuk konsentrasi 15% NaOH maka digunakan NaOH sebesar 150 gram. Dan untuk larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 5% maka diukur pada gelas ukur volume sebesar 50 ml.



(i)



(ii)



(iii)

Gambar 3.22 (i) 50 gram NaCl , (ii) 50 ml H_2SO_4 , dan (iii) 100 gram NaOH .

4. Campurkan ketiga bahan yang sudah diukur sesuai dengan konsentrasi masing-masing pada larutan aquades bervolume 1000 ml liter dan simpan pada wadah yang telah disiapkan.



Gambar 3.23 Wadah Berisi Larutan H_2SO_4 , $NaCl$, dan $NaOH$.

8. Uji Korosi (*Immersion Test*).

Dengan ketiga jenis larutan guna menciptakan kondisi pH yang berbeda selanjutnya material yang sudah dipersiapkan akan diuji imersi. Adapun pengelompokan material terhadap larutan uji adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Pengelompokan Material

Kode Material	Jenis Perlakuan		
	Perlakuan Panas <i>Hardening</i>	Tegangan <i>Bending</i>	Larutan Uji
AT1.1	Tidak	60%	5% H_2SO_4
AT1.2	Tidak	60%	5% $NaCl$
AT1.3	Tidak	60%	15% $NaOH$
AT2.1	Tidak	80%	5% H_2SO_4
AT2.2	Tidak	80%	5% $NaCl$
AT2.3	Tidak	80%	15% $NaOH$
AP3.1	Ya	60%	5% H_2SO_4
AP3.2	Ya	60%	5% $NaCl$
AP3.3	Ya	60%	15% $NaOH$
AP4.1	Ya	80%	5% H_2SO_4
AP4.2	Ya	80%	5% $NaCl$
AP4.3	Ya	80%	15% $NaOH$

Dalam kasus penelitian ini uji imersi dilakukan dalam tiga variasi waktu pencelupan pada larutan uji yaitu dengan variasi waktu selama 7 hari (168 jam), 10 hari (240 jam), dan 14 hari (336 jam).

9. Uji Metalografi

Sebelum dilakukan pengujian metalografi dibawah mikroskop dan juga dilakukan uji imersi hal yang dilakukan terlebih dahulu adalah mengamplas material menggunakan kertas amplas dari grit 80, 100, 150, 240, 360, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 dan 2000. Pengamplasan dilakukan di sebuah *polisher* pada permukaan material yang nantinya akan diujikan metalografi.



Gambar 3.24 Polisher (kiri) dan Kertas Amplas (kanan)

Pengujian ini dilakukan untuk melihat dan mengukur pada suatu titik yang sama di setiap material uji selama beberapa variasi waktu sehingga hasil nya dipastikan akan selaras selama pengujian pertama sampai yang terakhir. Uji metalografi dilakukan dengan pengujian dibawah mikroskop dalam skala perbesaran tertentu agar didapatkan titik retak pada material uji. Pengujian ini dilihat pada setiap variasi waktu pada masa uji imersi sehingga nantinya diketahui bagaimana pergerakan perambatan retak pada material uji.

10. Analisis Laju Perambatan Retak

Analisis ini dilakukan disetiap variasi waktu yang sudah ditentukan dan dilakukan dibawah mikroskop pada setiap titik yang sama di setiap material uji nya sehingga nilai laju perambatan retaknya pasti akan bertambah karena adanya korosi SCC yang dipengaruhi oleh larutan uji. Nantinya disaat semua variasi waktu telah selesai dianalisa maka didapatkan nilai laju perambatan retak dan juga dapat diketahui bagaimana kurva perambatan retaknya.

11. Kesimpulan Hasil Analisis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilaporkan hasil analisis dan pembahasan terhadap pengujian yang telah dilakukan pada penelitian tugas akhir ini. Dimana pengujian yang sudah dilakukan yaitu perlakuan panas, pengujian tarik dan perlakuan bending pada material uji. Berikut ini merupakan hasil dan pembahasannya:

4.1 Perlakuan Panas *Hardening*

Perlakuan panas hardening dilakukan menggunakan *furnace* pada suhu 850°C dengan waktu penahanan atau *holding time* selama 1 jam. Media pendingin yang digunakan sebagai metode *quenching* yaitu air. Perlakuan panas hardening mencapai suhu 850°C ini akan membuat material baja karbon rendah menuju fase austenite. Dengan adanya pendinginan cepat (*quenching*) akan merubah fasa austenite menjadi fase martensite dimana material akan memiliki sifat kuat namun getas.



Gambar 4.1 Material Sebelum Pendinginan Cepat (kiri) dan
Material Setelah Pendinginan Cepat (kanan)

4.2 Uji Tarik

Pada pengujian tarik material digunakan 1 sample material yang digunakan sebagai wakil dari keseluruhan material uji. Dimana material ini tanpa dilakukan perlakuan apapun sehingga kondisi propertis material tidak berubah. Sesuai metodologi pengujian yang telah dilakukan berikut ini merupakan hasil pengujian tarik material:

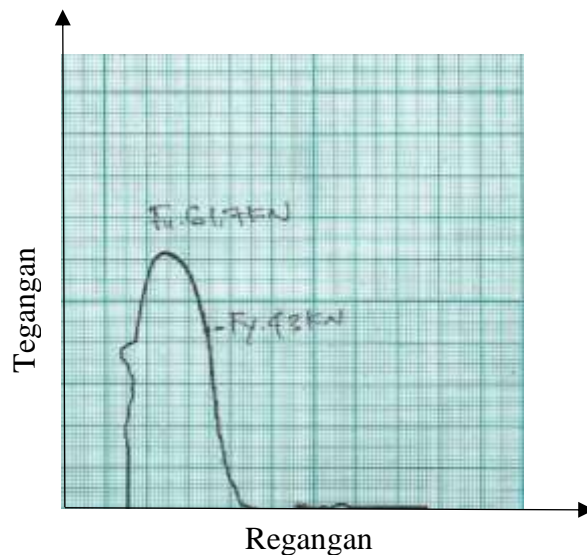


Gambar 4.2 Kondisi Material Setelah Uji Tarik

Selain hasil pengujian yang memperlihatkan kondisi material diatas, terdapat hasil pengujian lainnya yaitu berupa kurva tegangan – regangan yang digunakan untuk melihat nilai tegangan dan regangan material juga terdapat tabel hasil pengujian. Berikut merupakan hasil pembahasan uji tarik :

4.2.1 Kurva Tegangan – Regangan

Dalam pengujian yang dilakukan didapatkan nilai gaya yang dimiliki oleh material uji dimana gaya tersebut menunjukkan kekuatan tarik dan kekuatan ultimate material sampai material benar-benar terputus saat dilakukan pengujian. Dibawah ini merupakan kurva tegangan – regangan hasil pengujian :



Gambar 4.3 Kurva Tegangan - Regangan Hasil Uji Tarik

Nilai tegangan tarik dan juga tegangan ultimate pada kurva ditunjukkan dengan mengukur titik yang ada pada kertas milimeter. Dimana nilai tegangan sebesar 1 kN dapat dilambangkan dengan 1 mm blok pada kertas milimeter. Sehingga berdasarkan kurva tegangan – regangan diatas dapat ditarik hasil bahwa:

- a. Titik tarik (F_y) : 43 kN
- b. Titik ultimate (F_u) : 61,7 kN

Sedangkan berbeda dengan penentuan nilai regangan. Bahwa pada 1 mm blok kertas milimeter tidak melambang nilai regangan sebesar 1 kN. Karena nilai regangan memiliki skala yang berbeda bergantung pada nilai regangan yang sebelumnya dihitung terlebih dahulu melalui perhitungan *elongation* atau perpanjangan dengan memperhitungkan beberapa variabel. Variabel-variabel yang ada dapat ditunjukkan pada tabel hasil pengujian yang dapat ditunjukkan seperti dibawah ini:

4.2.2 Tabel Data Hasil Pengujian

Berikut ini merupakan tabel data pada material dengan penjelasan seperti berikut:

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KUATATAN KAPAL
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W - Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax: 031 529 4332

REPORT ON TEST RESULT NO. : AT2.4.1.1/PM.05.02/20

DATE: 4/04/2017
ORDER FROM: TUGAS AKHIR
TEST STANDARD: ASTM A.370
MATERIAL SPECS: PLATE A-36 10mm

PROJECT:

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA	CSA	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
		1236	9.44		116.68	368.53	528.80	29.68	66.76	
		F. WELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	DI / WD	Th	
		KN	N	KN	N					
	43		61.7			50	69.84	7.43	5122	38.78

2 IMPACT TEST		TEMPERATUR °C					
NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK (mm)	JOULE (N)	WD (mm)	CATERING EXPANTION

Witnessed by:

1	
2	
3	
4	
5	

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester
[Signature]
DIDUK

Gambar 4.4 Tabel Hasil Uji Tarik

4.2.3 Perhitungan Nilai-Nilai Hasil Pengujian

Berikut ini adalah hasil analisa perhitungan nilai-nilai tegangan yang ada berdasarkan data pengujian:

- Diketahui:

$$\begin{aligned}F_y &= 43 \text{ kN} \\F_u &= 61,7 \text{ kN} \\L_o &= 50 \text{ mm} \\L_1 &= 64,84 \text{ mm} \\D_1/Wd_1 &= 7,43 \text{ mm} \\Th_1 &= 5,22 \text{ mm} \\t &= 9,44 \text{ mm} \\l &= 12,36 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Perhitungan nilai:

- a. A_o (Luas Area)

$$\begin{aligned}A_o &= l_{(width)} \times t_{(thick)} \\&= 12,36 \times 9,44 \\&= 116,6784 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- b. σ_{ult} (*Ultimate Strength*)

$$\begin{aligned}\sigma_{ult} &= \frac{F_{ult}}{A_o} \text{ N/mm}^2 \\&= \frac{61,7 \times 10^3}{116,6784} \text{ N/mm}^2 \\&= 528,804 \text{ N/mm}^2 \\&= 528,804 \text{ MPa}\end{aligned}$$

c. σ_y (*Yield Strength*)

$$\begin{aligned}\sigma_y &= \frac{F_y}{A_o} \text{ N/mm}^2 \\ &= \frac{43 \times 10^3}{116,6784} \text{ N/mm}^2 \\ &= 368,534 \text{ N/mm}^2 \\ &= 368,534 \text{ MPa}\end{aligned}$$

d. ϵ (*Elongation*)

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \\ &= \frac{64-50}{50} \times 100\% \\ &= 29,68 \%\end{aligned}$$

Sehingga jika nilai perpanjangan atau *elongation* sebesar 29,68% dan melihat bahwa nilai regangan yang ada pada kertas milimeter yaitu sebanyak 29 blok. Maka jika dibagi kedua nilai tersebut menghasilkan skala 1 blok milimeter melambangkan 1 kN. Jadi nilai regangan material berdasarkan hasil uji tarik yaitu 29 kN.

4.3 Uji Bending

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan variasi 60% dan 80% dari tegangan *yield* material yang didapatkan dari hasil uji tarik. Dengan metode 4T atau *four-point loaded specimens* yang digunakan dengan berdasarkan ASTM G39 dan besar tegangan bending yang diaplikasikan yaitu sebesar:

- a. 60% $\Rightarrow 60\% \times \text{SMYS} = 60\% \times 43 \text{ kN} = 25,8 \text{ kN} \approx 26 \text{ kN}$
- b. 80% $\Rightarrow 80\% \times \text{SMYS} = 80\% \times 43 \text{ kN} = 34,4 \text{ kN} \approx 35 \text{ kN}$

Maka hasil pengujian *bending* dapat terlihat dari bentuk kurva tegangan – regangan yang menunjukkan bagaimana besar tegangan yang diberikan pada material dan hasil dari pengujian *bending* ini dapat secara riil dilihat melalui bagaimana bentuk kelengkungan pada material uji. Berikut ini merupakan hasil uji *bending* yang telah dilakukan:

4.3.1 Material Tanpa Perlakuan Panas

Dibawah ini merupakan foto hasil pengujian pada material uji:



Gambar 4.5 Hasil Uji *Bending* Pada Material Tanpa Perlakuan Panas
60% SMYS (kiri) dan 80% SMYS (kanan)

4.3.2 Material Dengan Perlakuan Panas

Dibawah ini merupakan foto hasil pengujian pada material uji:



Gambar 4.6 Hasil Uji *Bending* Pada Material Dengan Perlakuan Panas
60% SMYS (kiri) dan 80% SMYS (kanan)

4.3.3 Grafik Tegangan Hasil Uji *Bending*

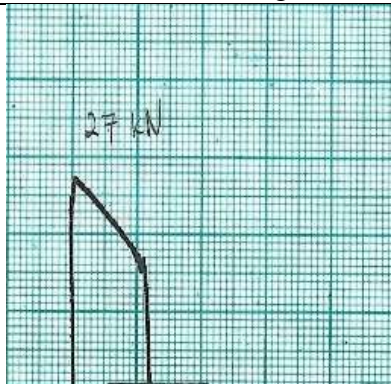
Dibawah ini merupakan tabel penamaan material yang telah dikelompokkan berdasarkan jenis perlakuannya. Penamaan digunakan untuk mempermudah dalam memahami hasil analisa dan pembahasan yang ada.

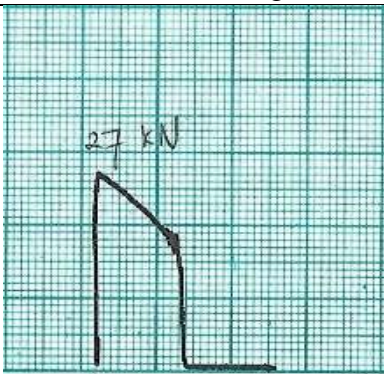
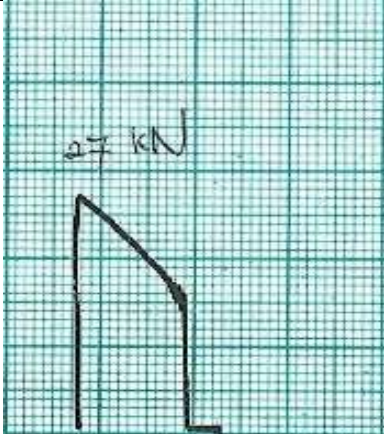
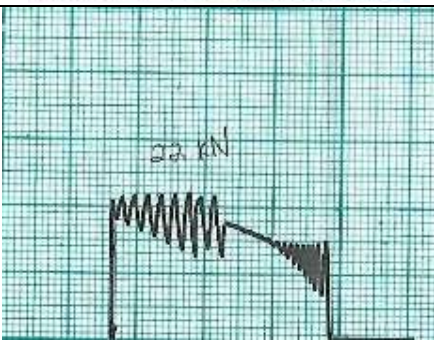
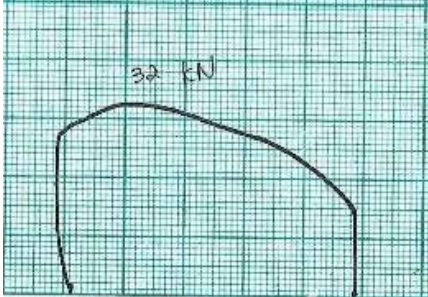
Tabel 4.1 Nama Material Dengan Perlakuannya.

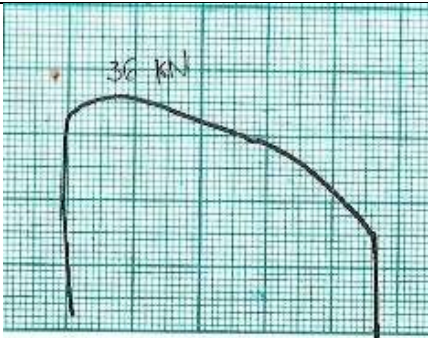
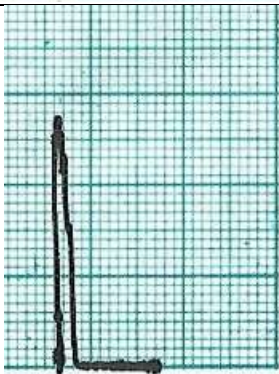
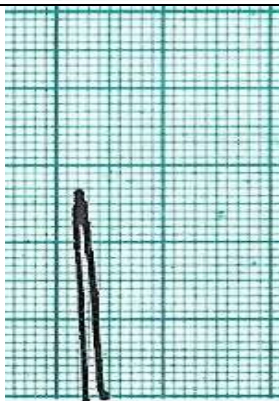
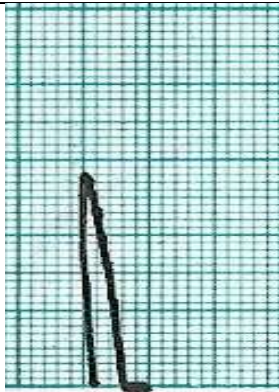
Kode Material	Jenis Perlakuan		
	Perlakuan Panas <i>Hardening</i>	Tegangan <i>Bending</i>	Larutan Uji
AT1.1	Tidak	60%	5% H ₂ SO ₄
AT1.2	Tidak	60%	5% NaCl
AT1.3	Tidak	60%	15% NaOH
AT2.1	Tidak	80%	5% H ₂ SO ₄
AT2.2	Tidak	80%	5% NaCl
AT2.3	Tidak	80%	15% NaOH
AP3.1	Ya	60%	5% H ₂ SO ₄
AP3.2	Ya	60%	5% NaCl
AP3.3	Ya	60%	15% NaOH
AP4.1	Ya	80%	5% H ₂ SO ₄
AP4.2	Ya	80%	5% NaCl
AP4.3	Ya	80%	15% NaOH

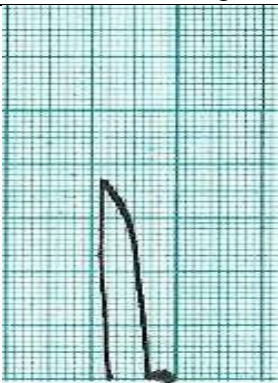
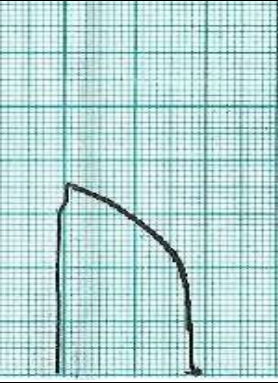
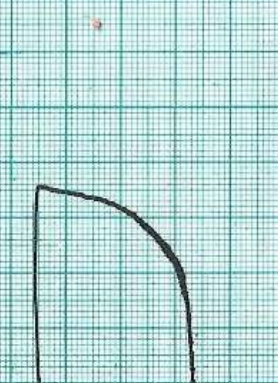
Berikut ini merupakan tabel yang memperlihatkan bagaimana bentuk kurva tegangan yang menunjukkan nilai tegangan - regangan yang diaplikasikan pada material selama uji *bending* dilakukan.

Tabel 4.2 Hasil *Bending* Material

Material	Hasil Bending	Deskripsi
AT1.1		Tegangan bending = 27 kN.

Material	Hasil Bending	Deskripsi
AT1.2		Tegangan bending = 27 kN.
AT1.3		Tegangan bending = 27 kN.
AT2.1		Tegangan bending = 22 kN* *dibawah tegangan yang seharusnya diaplikasikan
AT2.2		Tegangan bending = 32 kN.

Material	Hasil Bending	Deskripsi
AT2.3		Tegangan bending = 36 kN.
AP3.1		Tegangan bending = 27 kN.
AP3.2		Tegangan bending = 27 kN.
AP3.3		Tegangan bending = 27 kN.

Material	Hasil Bending	Deskripsi
AP4.1		Tegangan bending = 36 kN.
AP4.2		Tegangan bending = 36 kN.
AP4.3		Tegangan bending = 36 kN.

Dari data foto dan kurva tegangan – regangan diatas dapat ditarik informasi bahwa:

1. Bahwa titik regangan pada kurva tidak dapat digunakan dalam menentukan nilai regangan yang terjadi pada material melainkan dapat memberikan informasi mengenai sifat peregang material setelah hasil uji *bending*.
2. Perlakuan panas membuat material semakin bersifat kuat sehingga peregang pada material semakin kecil jika dibandingkan dengan material tanpa perlakuan panas.

3. Pada material AT2.1 berdasarkan kurva material tidak mampu menahan tegangan bending yang seharusnya diaplikasikan yaitu sebesar 36 kN dibuktikan dengan kurva bahwa pada saat tegangan sebesar 22 kN.
4. Pada material AP4.1 jika dibandingkan dengan material yang memiliki tegangan bending sama besar yaitu AP4.2 dan AP4.3 menunjukkan bahwa material AP4.1 lebih kuat karena titik regangan yang dihasilkan lebih kecil.

4.4 Hasil Percobaan Pengujian Korosi

Dalam hasil pengujian korosi yang dilakukan melalui metode uji metalografi berupa foto mikro untuk mendapatkan bagian yang mengalami retak pada material lalu diukur panjang retak yang terjadi. Berikut ini merupakan hasil pengujian yang didapatkan:

4.4.1 Analisis Laju Perambatan Retak

Dalam uji imersi yang dilakukan melalui tiga variasi waktu terdapat tiga material uji yang tidak mengalami retak. Ketiga material tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Kode Material Yang Tidak Mengalami Retak

Kode Material	Jenis Perlakuan		
	Perlakuan Panas <i>Hardening</i>	Tegangan <i>Bending</i>	Larutan Uji
AP3.1	Ya	60%	H ₂ SO ₄
AP3.2	Ya	60%	NaCl
AP3.3	Ya	60%	NaOH

Berdasarkan analisa yang dilakukan bahwa ketiga material tersebut memiliki sifat material yang kuat sebagai akibat dilakukannya perlakuan panas *hardening*. Menurut (Budinski, 1999) bahwa material yang melalui perlakuan panas akan melalui fasa austenitnya dan jika dilakukan *quenching* atau pendinginan cepat maka material akan berubah fasa menjadi martensit yang menyebabkan material akan bersifat keras, kuat tapi getas. Sehingga dengan perubahan sifat material yang menjadi kuat dan keras maka dengan diaplikasikannya tegangan bending sebesar 60% SMYS ternyata tidak berpengaruh terhadap material dan juga terbukti dari

regangan yang terjadi pada material akibat perlakuan *bending* yaitu sangat kecil jika dilihat kembali berdasarkan kurva tegangan-regangan hasil uji *bending*. Akibatnya tidak terdapat retakan awal yang memicu adanya laju perambatan retak pada material uji. Sehingga dengan dilakukannya uji imersi pada variasi waktu pertama dan tidak muncul retak maka ketiga material tersebut tidak dilanjutkan pengujiannya karena menimbang kembali berdasarkan teori yang ada.

Dari hasil pengujian yang dilakukan maka didapatkan laju perambatan retak yang dapat ditunjukkan melalui tabel dibawah ini:

Tabel 4.4 Laju Perambatan Retak Tiap Variasi Waktu

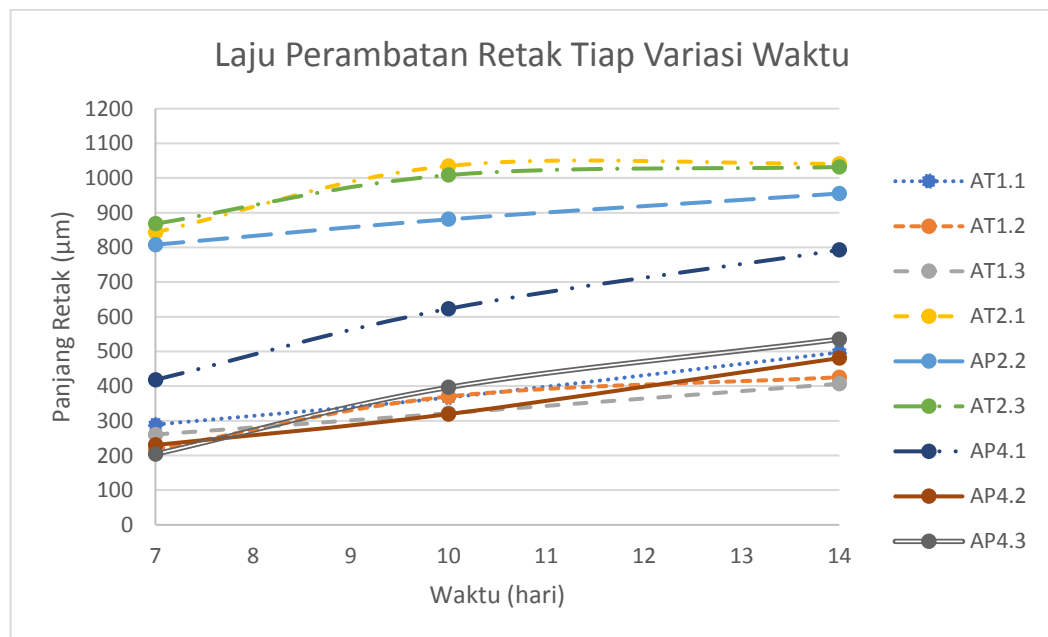
Kode Material	Laju Perambatan Tiap Variasi Waktu (μm)		
	7 Hari	10 Hari	14 Hari
AT1.1	289,11	367,14	497,18
AT1.2	217,82	370,17	425,69
AT1.3	260,48	321,88	407,04
AT2.1	843,63	1034,71	1041,39
AT2.2	807,85	880,88	955,29
AT2.3	868,2	1008,42	1031,78
AP4.1	418,27	623,03	792,7
AP4.2	230,27	319,42	480,81
AP4.3	204,09	396,37	535,13

Berdasarkan Tabel 4.5 diatas bisa didapatkan informasi bahwa dari keseluruhan material uji yang ada tentunya dengan semakin bertambahnya waktu pengujian korosi maka akan semakin meningkatkan nilai retak yang lebih panjang dari sebelumnya, hal tersebut terjadi pada seluruh material. Jika dibandingkan antara material dengan dan tanpa perlakuan panas, material tanpa perlakuan panas memang yang lebih reaktif dibandingkan material dengan perlakuan panas. Hal tersebut dipengaruhi oleh sifat mekanis material perlakuan panas yang telah berubah. Kecenderungan tersebut dapat dilihat pada material A1.1, AT1.2, dan AT1.3 terhadap AP4.1, AP4.2, dan AP4.3. Walaupun dengan aplikasi tegangan *bending* yang berbeda yaitu 60% dan 80% SMYS tetapi adanya perlakuan panas

pada material AP4.1, AP4.2, dan AP4.3 membuat retakan awal yang terjadi lebih kecil dan juga efek dari larutan yang korosif tidak sehebat pada material tanpa perlakuan panas. Sehingga nilai retakan yang terjadi pada material AP4.1, AP4.2, dan AP4.3 dengan tegangan sebesar 80% SMYS terbilang lebih kecil dibandingkan pada material AT1.1, AT1.2, dan AT1.3. Hal lain terjadi pada material AT2.1, AT2.2, dan AT2.3 dikarenakan material yang tanpa perlakuan panas dan dengan tegangan *bending* sebesar 80% maka ketiga material uji tersebut tidak terjadi perubahan sifat mekanis dan efek dari tegangan berhasil membuat material mengalami retakan awal karena nilai tegangan yang cukup besar. Sehingga dengan penambahan unsur korosif pada material uji tersebut membuat perambatan retak material lebih besar dibandingkan material lain yang ada. Nilai laju perambatan AT2.1, AT2.2, dan AT2.3 berturut-turut yaitu 1041,39 μm , 955,29 μm , dan 1031,78 μm .

Pada material tanpa perlakuan panas memiliki kecenderungan perbedaan laju panjang retak yang lebih kecil baik pada material AT1.1, AT1.2 dan AT1.3 serta AT2.1, AT2.2, AT2.3. Dengan adanya material tanpa perlakuan panas memang laju perambatan retak akibat adanya korosi dengan berbagai larutan tidak membuat perubahan yang signifikan melainkan dikarenakan efek dari pH masing-masing dan sifat material yang hampir sama karena tidak ada perbedaan perlakuan panas. Hal yang sebaliknya terjadi pada material dengan perlakuan panas yaitu AP4.1, AP4.2 dan AP4.3 bahwa material dengan perlakuan panas yang berubah sifat menjadi kuat dan keras dalam menerima beban tetapi juga menjadi getas karena adanya korosi yang berasal dari larutan dengan pH yang berbeda. Sehingga menyebabkan perbedaan laju perambatan retak pada material dengan perlakuan panas sedikit besar karena efek pH dan juga dikarenakan perbedaan sifat antar material tersebut yang menyebabkan besarnya perbedaan laju perambatan retak. Perubahan sifat yang dimaksud adalah bagaimana struktur mikro ketiga material tersebut yang memiliki kandungan seperti perlit, ferrit, sementit, martensit atau austenit yang bisa berbeda-beda sehingga menyebabkan laju perambatan retaknya pun juga berbeda. Namun, dikarenakan kekurangan dalam meneliti kandungan-kandungan tersebut yang dilakukan pada saat foto mikro maka penulis hanya bisa menganalisis berdasarkan sifat-sifat diatas.

Karena pH asam yang lebih korosif dibandingkan dengan pH netral dan pH basa menyebabkan material dengan pH asam memiliki retak yang lebih panjang dan kenaikan yang cukup tinggi dibandingkan dengan pH basa dan netral. Jika dibandingkan pada pH asam, material tanpa perlakuan panas dan tegangan bending 80% SMYS memiliki laju perambatan retak yang lebih besar dengan nilai 1041,47 μm , lalu kemudian disusul oleh AP4.1 dan AT1.1 dengan nilai masing-masing berturut-turut 792,7 μm dan 497,18 μm . Sedangkan pada pH netral dan basa keduanya memiliki kecenderungan yang sama yaitu nilai laju perambatan retak yang tidak begitu jauh perbedaannya. Penggunaan NaOH sebagai larutan basa yang merupakan basa kuat membuatnya menjadi unsur yang sangat korosif seperti asam. Sehingga dengan nilai pH basa kuat diatas $\text{pH} > 13$ maka menjadikannya sangat korosif yang membuat laju perambatan juga cukup besar dan hampir menyamai pada nilai laju perambatan retak pada pH netral yang menggunakan larutan garam NaCl. Nilai laju perambatan retak pada pH basa sesuai kode materialnya berturut-turut yaitu 407,04 μm , 1031,78 μm , dan 535,13 μm . Sedangkan pada pH netral nilai laju perambatan retaknya sesuai dengan kode material berturut-turut yaitu 425,69 μm , 955,29 μm , dan 480,81 μm . Dari Tabel 4.5 diatas dapat data-data yang ada dapat diubah menjadi data grafik yang dapat dilihat seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4.7 Grafik Laju Perambatan Retak

Dari Gambar 4.7 dapat dijelaskan melalui grafik mengenai laju perambatan retak bahwa material dengan nilai laju perambatan retak tertinggi terdapat pada material tanpa perlakuan panas dan dengan aplikasi tegangan *bending* sebesar 80% SMYS yaitu material AT2.1, AT2.2 dan AT2.3. Sedangkan pada nilai laju perambatan retak terendah terdapat pada material tanpa perlakuan panas dengan aplikasi tegangan *bending* 60% SMYS yaitu material AT1.2 dan AT1.3. Hal tersebut membuktikan bahwa semakin besar tegangan yang diaplikasikan maka semakin besar pula nilai laju perambatan retak yang terjadi. Dengan semakin bertambahnya waktu pengujian korosi tentunya akan membuat nilai laju perambatan retak semakin tinggi hal tersebut dapat terlihat dari grafik yang menunjukkan kenaikan pada setiap titiknya di semua material uji. Untuk grafik dengan garis yang lurus menandakan kecenderungan kenaikan yang sejajar atau konstan. Sedangkan untuk garis yang melengkung memiliki kecenderungan bahwa kenaikan nilainya sedikit melonjak.

Dari Tabel 4.5 maka dapat dihitung bagaimanakah laju perambatan retak yang terjadi berdasarkan pengelompokkan material terhadap derajat keasaman dan perhitungan waktu menjadi jam. Sehingga bisa didapatkan nilai rata-rata laju perambatan retak tiap jenis larutan yang digunakan. Berikut ini merupakan hasil perhitungan yang didapatkan:

Tabel 4.5 Rata-Rata Laju Perambatan Retak

pH	Kode Material	Laju Perambatan Retak ($\mu\text{m}/\text{jam}$)			Rata-Rata Laju ($\mu\text{m}/\text{jam}$)	Rata-Rata Laju Tiap pH ($\mu\text{m}/\text{jam}$)
		168 Jam	240 Jam	336 Jam		
Asam (H_2SO_4)	AT1.1	1,72	1,53	1,48	1,58	2,73
	AT2.1	5,02	4,31	3,10	4,14	
	AP4.1	2,49	2,60	2,36	2,48	
Netral (NaCl)	AT1.2	1,30	1,54	1,27	1,37	2,17
	AT2.2	4,81	3,67	2,84	3,77	
	AP4.2	1,37	1,33	1,43	1,38	
Basa (NaOH)	AT1.3	1,55	1,34	1,21	1,37	2,33
	AT2.3	5,17	4,20	3,07	4,15	
	AP4.3	1,21	1,65	1,30	1,49	

Berdasarkan data-data dari beberapa tabel diatas hasil analisa yang bisa didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Dari Tabel 4.5 laju perambatan retak terbesar terjadi pada keseluruhan material pada larutan asam H_2SO_4 yaitu AT1.1, AT2.1, dan AP4.1 dengan nilai berturut pada retak terbesar yaitu 497,18 μm ;1041,39 μm ; 792,7 μm . Kemudian disusul dengan material pada larutan basa NaOH yaitu AT1.3, AT2.3, AP4.3 dengan nilai berturut pada retak terbesarnya yaitu 407,04 μm ; 1031,78 μm ; dan 535,13 μm . Terakhir yaitu material pada larutan garam NaCl AT1.2, AT2.2, AP4.2 dengan nilai laju perambatan retak terbesarnya yaitu 425,69 μm ; 955,29 μm ; 480,81 μm .
2. Pengaruh perlakuan *bending* dapat dianalisa pada material dengan kode AT1.1, AT1.2 dan AT1.3 dengan AT2.1, AT2.2, dan AT2.3 karena keduanya memiliki perlakuan tegangan *bending* yang berbeda yaitu berturut-turut sebesar 60% SMYS dan 80% SMYS. Dari data yang ada didapatkan bahwa pengaruh besar tegangan *bending* semakin besar tegangan yang diaplikasikan maka semakin besar pula retakan yang diciptakan. Terlihat pada Tabel 4.5 bahwa material dengan tegangan *bending* 80% SMYS memiliki laju perambatan retak terbesar yaitu 1041,39 μm pada material AT2.1, sedangkan material dengan tegangan *bending* 60% SMYS memiliki laju perambatan retak terbesar 497,18 μm pada material AT1.1. Menurut (Wei, 1998) tegangan atau beban yang mengenai material tidak akan menyebabkan retak jika bernilai dibawah 50% SMYS.
3. Tabel 4.7 menunjukkan bagaimana pengaruh pH larutan terhadap nilai laju perambatan retak yang terjadi. Didapatkan bahwa pH asam memiliki pengaruh paling besar dengan nilai rata-rata laju perambatan retak sebesar 2,73 $\mu m/jam$. Disusul kemudian dengan pH basa yang memiliki nilai rata-rata laju perambatan retak sebesar 2,33 $\mu m/jam$. Dan terakhir yaitu pH netral dengan nilai rata-rata laju perambatan retaknya 2,17 $\mu m/jam$. Menurut (Sidiq, 2013) nilai dari pH netral adalah sekitar 7, sedangkan jika $pH < 7$ maka bersifat asam dimana bersifat korosif terhadap material. Sedangkan jika $pH > 7$ maka bersifat basa yang juga korosif terhadap material. Namun,

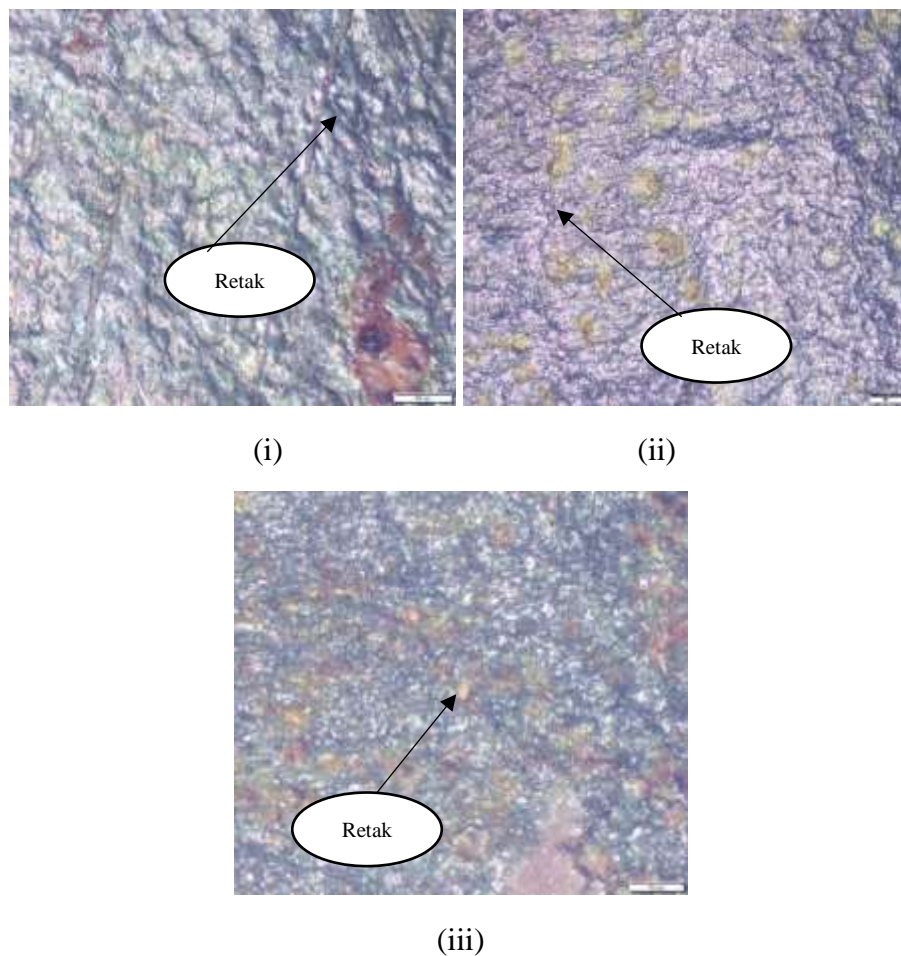
pada besi laju korosi rendah pada pH 7 – 13. Tetapi laju korosif akan meningkat jika pH bernilai $\text{pH} < 7$ dan $\text{pH} > 13$. Sehingga dengan kata lain, H_2SO_4 dan NaOH yang digunakan pada pengujian merupakan larutan yang sangat korosif pada baja.

4. Perlakuan panas memiliki pengaruh yang merubah sifat mekanis dari material. Adanya perlakuan panas *hardening* membuat material memiliki fasa martensit yang mengakibatkan material bersifat keras, kuat tapi getas. Kuat dan kerasnya material terlihat dari hasil tegangan *bending* yang diaplikasikan berpengaruh pada material terlebih pada hasil regangan material. Pada material dengan kode AP3.1, AP3.2, dan AP3.3 material mengalami perlakuan panas tersebut sehingga dengan tegangan *bending* yang lebih kecil yaitu 60% SMYS maka tegangan tersebut tidak banyak berpengaruh pada material terbukti pula dengan hasil *bending* material yang tidak menekuk dan regangan yang terjadi sangat kecil sehingga tidak terjadi retakan pada ketiga material tersebut. Sedangkan pada material AP4.1, AP4.2 dan AP4.3 dengan tegangan *bending* lebih kuat sebesar 80% SMYS material mengalami tekukan dan regangan yang terjadi cukup besar walaupun jika dibandingkan dengan material lain yang mengalami tegangan *bending* yang sama (AT2.1, AT2.2, dan AT2.3) regangan yang terjadi lebih kecil. Namun, adanya efek *compression-tension* akibat hasil *bending* membuat material bisa terjadi retakan. Tetapi retakan yang terjadi jika dibandingkan dengan material tanpa perlakuan panas bernilai lebih kecil yaitu terlihat pada Tabel 4.5 nilai laju perambatan retak terbesar pada material dengan perlakuan panas AP4.1 sebesar 792,7 μm . Sedangkan pada material tanpa perlakuan panas terbesar pada AT2.1 dengan nilai 1041,39 μm . Menurut (Budinski, 1999) laju pendinginan cepat yang berasal dari perlakuan *quenching* menghasilkan dekomposisi fasa austenit menjadi fasa martensit yang akan membuat material bersifat kuat dan keras tetapi juga getas.

4.4.2 Hasil Uji Metalografi

Dalam penelitian ini penulis menyadari bahwa hasil uji metalografi berupa foto mikro struktur material merupakan kekurangan dan kelemahan dari Tugas Akhir ini. Hal tersebut dikarenakan dalam foto mikro material tidak tampak dengan baik struktur materialnya melainkan seperti foto permukaan material saja. Kekurangan ini muncul dikarenakan pada saat setelah pengamplasan material untuk uji metalografi kemudian tidak dilakukan “eksa” menggunakan larutan yang ditentukan. Dengan tidak dilakukan langkah tersebut menyebabkan foto mikro yang dihasilkan tidaklah sangat jelas. Sehingga diharapkan kekurangan ini bisa menjadi pelajaran bagi pembaca dan yang akan melanjutkan penelitian ini. Berikut ini merupakan hasil uji metalografi yaitu berupa uji mikro dengan perbesaran 100x yang digunakan untuk melihat bagaimana retakan yang terjadi pada material uji:

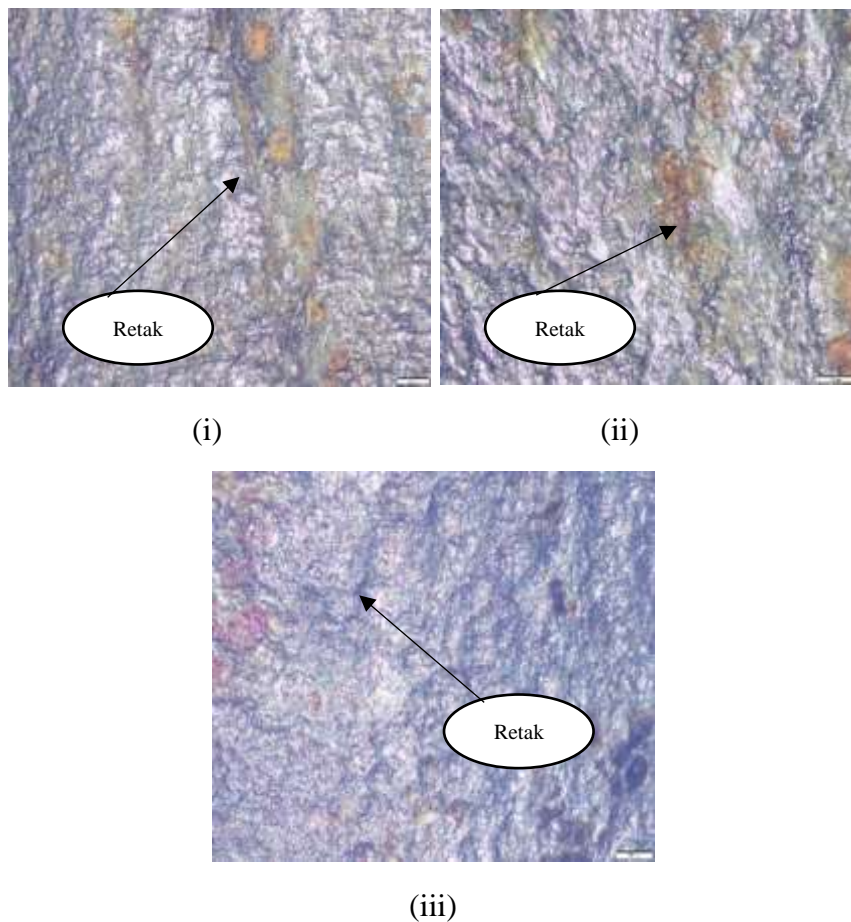
a. pH Asam



Gambar 4.8 Material Uji AT1.1 (i), AT2.1 (ii), dan AP4.1 (iii)

Terlihat dari hasil foto mikro yang dilakukan pada material di pH asam pada Gambar 4.8 (i) material uji AT1.1 memiliki jenis korosi pitting (sumuran) dan juga uniform (seragam). Adanya korosi sumuran dapat dilihat dari bentuk korosi yang menyerupai sumur atau bentuknya yang berlubang-lubang. Sedangkan untuk korosi seragam dapat dilihat dari bentuknya yang memiliki warna kuning-kecoklatan dan bentuknya merata disekitar bagian yang terkorosi. Pada Gambar 4.8 (ii) material AT2.1 juga memiliki jenis korosi sumuran dan seragam. Terlihat bahwa disekitar korosi seragam ditengahnya juga terdapat korosi sumuran. Sedangkan pada Gambar 4.8 (iii) korosi yang terjadi lebih banyak didominasi oleh adanya korosi seragam terlihat dari warna yang dominan kecoklatan sedangkan untuk korosi sumuran terlihat cukup sedikit.

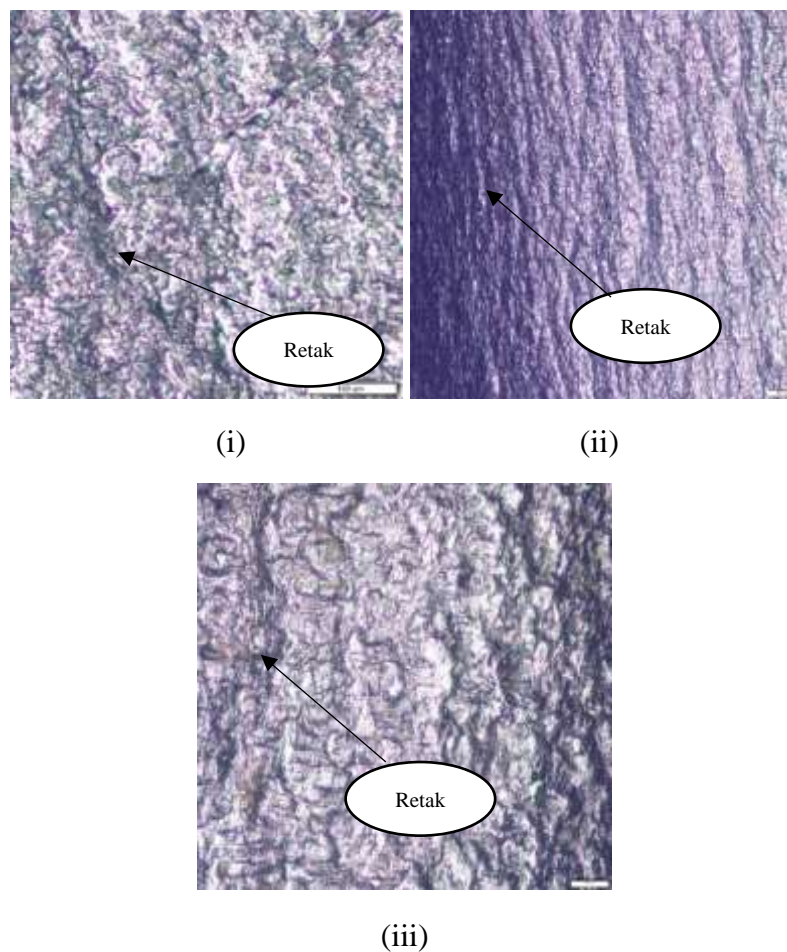
b. pH Netral



Gambar 4.9 Material Uji AT1.2 (i), AT2.2 (ii), dan AP4.2 (iii)

Terlihat bahwa material di pH netral dengan menggunakan NaCl pada Gambar 4.9 (i) pada material uji AT1.2 memiliki jenis korosi sumuran dan seragam. Untuk korosi sumuran terlihat bahwa pada bagian kecoklatan memiliki kedalaman sehingga termasuk pada jenis korosi sumuran. Pun dengan korosi seragam yang memiliki warna kecoklatan dan merata yang melingkari korosi sumuran. pada Gambar 4.9 (ii) terlihat bahwa korosi yang mendominasi adalah korosi jenis seragam. Dari warna korosi yang dihasilkan merata di beberapa bagian material. Sedangkan pada Gambar 4.9 (iii) terlihat bahwa material memiliki korosi sumuran dan seragam. Korosi sumuran terlihat pada bagian bawah yang berwarna kehitaman yang menandakan kedalaman korosinya. Dan untuk korosi seragam terlihat bahwa warna kecoklatan berada pada beberapa bagian sisi material.

c. pH Basa



Gambar 4.10 Material Uji AT1.3 (i), AT2.3 (ii) dan AP4.3 (iii)

Terlihat bahwa pada pH basa yang menggunakan larutan basa kuat NaOH memang sedikit berbeda jika dibandingkan dengan pH yang lainnya. Dengan adanya pasivasi yang terjadi di permukaan baja yang disebabkan oleh adanya difusi oksigen dan alkali sehingga adanya kedua unsur tersebut maka permukaan logam cenderung tidak terjadi korosi seragam. Jadi walaupun unsur yang sangat korosif, NaOH yang merupakan basa kuat tetap memiliki sifat pasivasi akibat lepasnya ion oksigen. Tetapi perlu diketahui bahwa, menurut Febriyanti (2008) pada range pH 4-10 laju korosi tidak tergantung oleh pH yang dikontrol difusi oksigen. Sedangkan $\text{pH} < 4$ adanya evolusi hidrogen menjadi faktor yang mengontrol laju korosi, dan pH mencapai 14 tanpa adanya oksigen terlarut laju korosi kemungkinan meningkat karena ion ferrite HFeO_2^- terbentuk.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dihasilkan dari hasil penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Laju perambatan retak terbesar terjadi pada material AT2.1 yaitu 1041,39 μm sedangkan laju perambatan retak terkecil pada material AT1.3 yaitu 407,04 μm .
2. Besar tegangan *bending* 80% SMYS membuat nilai laju perambatan retak lebih besar dibanding tegangan *bending* 60% SMYS. Nilai laju perambatan retak akibat tegangan *bending* 80% terbesar adalah 1041,39 μm pada material AT2.1 sedangkan untuk tegangan *bending* 60% nilai laju perambatan retak terbesar adalah 497,18 μm pada material AT1.1.
3. Larutan dengan pH asam memiliki pengaruh korosif terbesar lalu disusul oleh pH basa kemudian pH netral. Nilai rata-rata laju perambatan retak berdasarkan pH larutan tersebut berturut-turut yaitu 2,73 $\mu\text{m/jam}$ untuk pH asam, 2,33 $\mu\text{m/jam}$ untuk pH basa dan 2,17 $\mu\text{m/jam}$ untuk pH netral.
4. Pengaruh perlakuan panas membuat perubahan sifat material menjadi lebih kuat dan keras sehingga menyebabkan material yang diaplikasikan tegangan *bending* lebih kuat dalam menerima beban yang diberikan. Akibatnya material mengalami regangan yang lebih kecil sehingga efek tekuk *bending* tidak terlihat yang menyebabkan tidak munculnya retakan pada material uji yang terjadi pada AP3.1, AP3.2, dan AP3.3.

5.2 Saran

Saran yang bisa diberikan oleh penulis terhadap pembaca dengan maksud untuk melanjutkan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan lagi lebih banyak lagi variasi pada perlakuan panas selain jenis *hardening* yaitu *tempering*, *normalizing*, atau *annealing*.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan variasi terhadap pola *bending* dengan menggunakan *U-Bend* atau juga menggunakan $\sigma_{ultimate}$ sebagai acuan pemberian beban *bending*.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan variasi larutan sebagai media korosi.
4. Pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan lapisan *coating* sebagai variasi dalam pencegahan retak yang dapat terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. 2003. **ASTM A370-03A. Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.** United States.
- ASTM International. 2003. **ASTM G1-03 Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens.** United States.
- ASTM International. 1999. **ASTM G39-99 Standard Practice for Preparation and Use of Bent-Beam Stress-Corrosion Test Specimens.** United States.
- Avery, M., B. Chui., Y. G. Kariya., and K. Larson. 2001. Hydrogen Induced Corrosion. **Material Science 112 Group Research Paper.**
- Bayuseno dan Toi'in. 2012. Analisis Stress Corrosion Cracking AISI 430 Dengan Variasi Pembebanan Pada Media Korosi HCL 0,8 M. **Tugas Akhir.** Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Brown, B. F., 1972. A Preface To The Problem of Stress Corrosion Cracking, in Craig H. L. Jr (ed.). **Stress-Corrosion Cracking of Metals – A State of The Art.** ASTM: STP 518, pp 3-15.
- Budinski, Kenneth. 1999. **Engineering Materials : Properties and Selection.** Colombus : Ohio.
- ButarButar, Johnson. 2005. Stress Corrosion Cracking Pada Material Baja Nirkarat Austenit Di Lingkungan Larutan Fatty Acid (Asam Lemak) & Klorida Temperatur Tinggi. **Thesis.** Program Magister Teknik Mesin. Universitas Sumatera Utara.
- Chandler, K. A. 1985. **Marine and Offshore Corrosion.** United Kingdom : Butterworths.
- Chiang. K., and P. Shukla. **Assessment Of Stress Corrosion Cracking Susceptibility Of 316 Stainless Steel In Different Disposal Environments.** Texas : CNWRA Report
- Eliaz, N., A. Shachar., B. Tal., D. Eliezer. 2002. Characteristics of Hydrogen Embrittlement, Stress Corrosion Cracking, and Tempered Martensite Embrittlement in High-Strength Steels. **Engineering Failure Analysis 9 (2002) 167 – 184.**

- Fontana, M. G. 1987. **Corrosion Engineering**. Singapore : McGraw-Hill Book Company.
- Guyer, J. P. 2009. **An Introduction to Cathodic Protection**. New York : Continuing Education and Development, Inc.
- Herring, D. H. 2010. Hydrogen Embrittlement. **Wire Forming Technology International**.
- Kane, R. D., and M. S. Cayard. 1998. Roles of H₂S In The Behaviour of Engineering Alloys : A Review of Literature and Experience. **InterCorr – CLI International, Inc**. Paper No. 274.
- Lukman dan Triwikantoro. 2009. Pengaruh Unsur Korosif Pada Air Hujan Terhadap Perilaku Korosi Baja Karbon Rendah. **Seminar Nasional Pascasarjana IX**. Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- National Physical Laboratory. 1982. **Stress Corrosion Cracking**. NPL Management Limited
- Oneal Steel. 2013. **ASTM A36 Steel Plate**. <http://www.onealsteel.com/carbon-steel-plate-a36.html>. Tanggal akses : 26 Februari 2017
- Popov, Branko. 2015. **Corrosion Engineering**. Oxford : Elsevier
- Ricker, R. E, dkk. 1994. **Corrosion of Metals**. Material Science and Engineering Laboratory
- Sidiq, M. F. 2013. Analisa Korosi dan Pengendaliannya. **Jurnal Foundry. Bol 3 No. 1 April 2013. ISSN : 2087-2559**
- Singh, Ramesh. 2014. **Corrosion Control For Offshore Structures**. Oxford : Elsevier.
- Sudarnoto, Azis. 2010. Analisa Stress Corrosion Cracking SCC Pada Baja Tahan Karat Tipe 304 dan 316 Dalam Larutan Garam NaCl. **Tugas Akhir**. Jurusan Material Metalurgi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wei, Zhou. 1998. Stress Corrosion Cracking : Causes and Solutions. **Paper**. Singapore Welding Society Newsletter.
- Welding Engineering. 2015. **Perlakuan Panas (Heat Treatment)**. Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya. <http://hima-tl.ppns.ac.id/?p=143>. Tanggal akses 26 Februari 2017

Zarras, P, and J. D. Stenger-Smith. 2014. Corrosion Processes and Strategies For Prevention; An Introduction, in Makhlouf, A.S.H. **Handbook of Smart Coatings For Materials Protection**. Oxford: Elsevier.

<http://faculty.kfupm.edu.sa/ME/hussaini/Corrosion%20Engineering/04.02.02.htm>

(Tanggal akses : 9 Februari 2017)

octane.nmt.edu (Tanggal akses : 11 Februari 2017)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)




LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KETAHANAN KAPAL
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 Gedung W - Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
 Telp./Fax. 031 599 4933

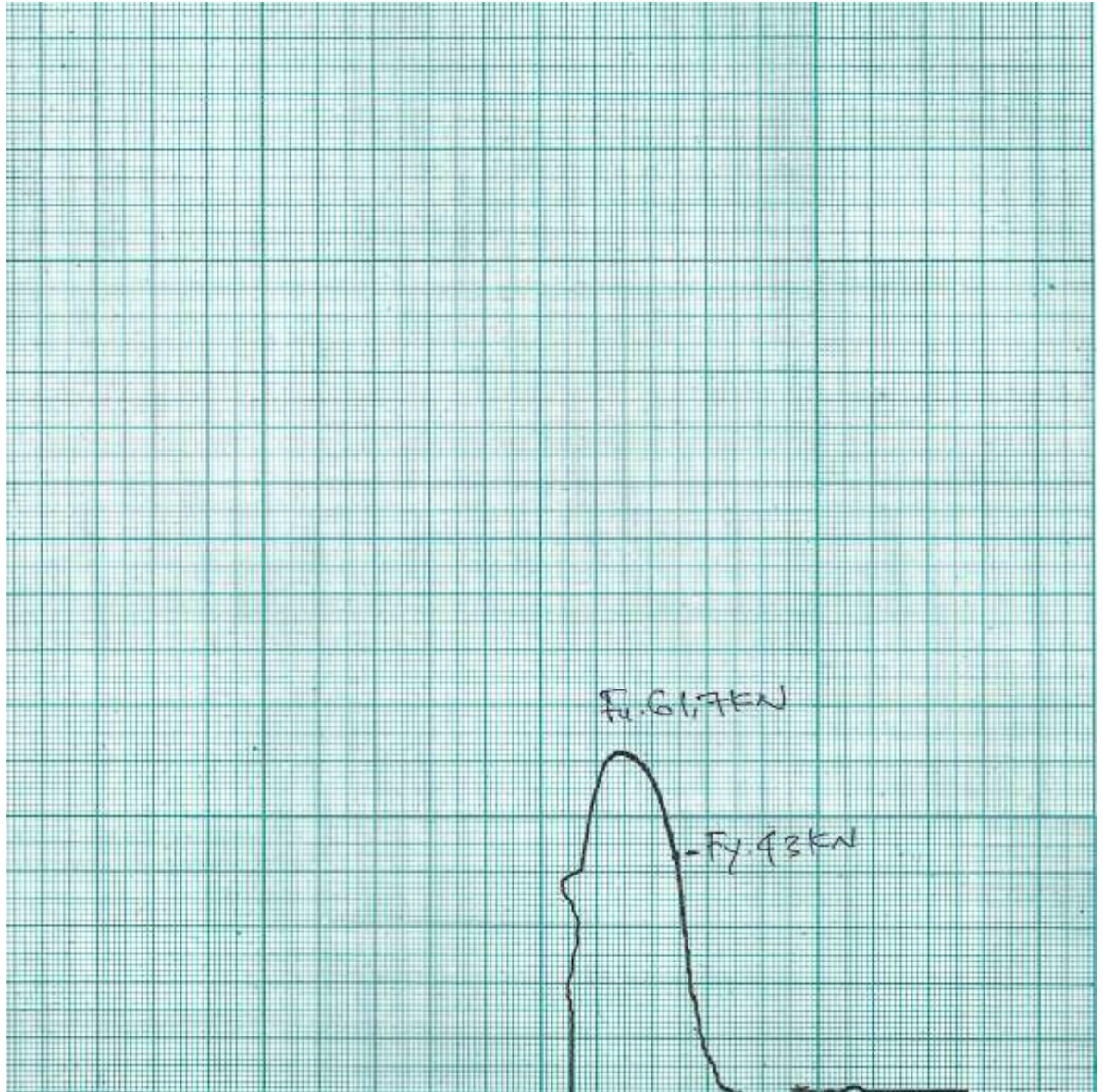
REPORT ON TEST RESULT NO. : **/IT2.4.1.1/PM.05.02/20**

DATE : 4/04/2017
 ORDER FROM : Tugas AKHIR
 TEST STANDARD : ASTM A.370
 MATERIAL SPECS. : PLATE A36 10mm

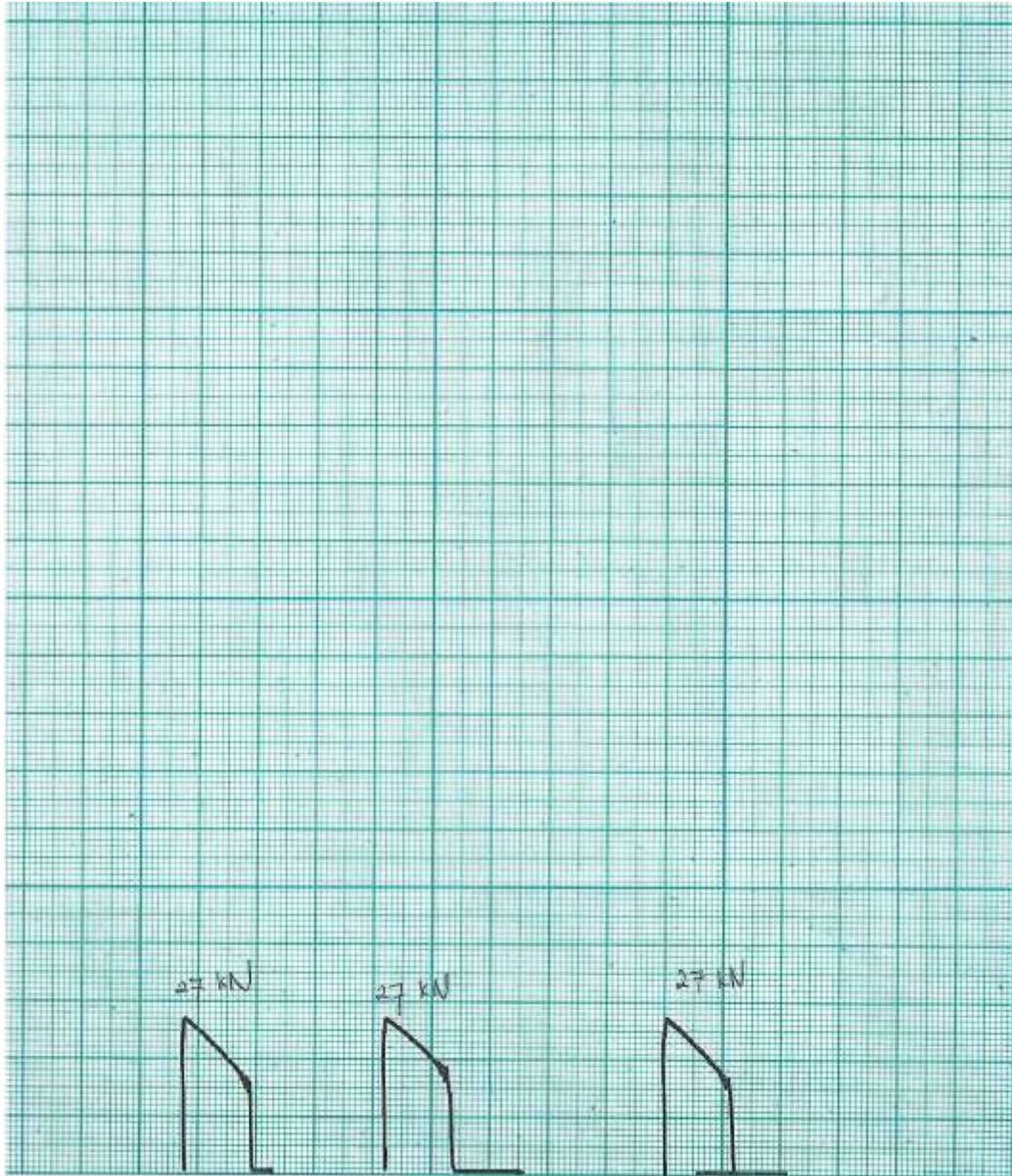
PROJECT :

1. TENSILE TEST										
NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA	CSA	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
		1236	9.44		116.68	368.53	528.80	29.68	66.76	
		F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1/W0.1	Tn1	
		KN	N	KN	N					
	43		61.7			50	64.84	7.43	5.22	38.78
2. IMPACT TEST										
NO	IDENTIFICATION	LENGTH	WIDTH	THICK.	JOULE	WV1	TEMPERATUR °C		LATERAL EXPANTION	
		(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(mm)				
Witnessed by :					The Laboratory Of Ships Strength And Construction FT. Kelautan ITS					
1		<div style="text-align: center;"> Tester  Didiuk </div>								
2										
3										
4										
5										

Tabel Data Hasil Uji Tarik

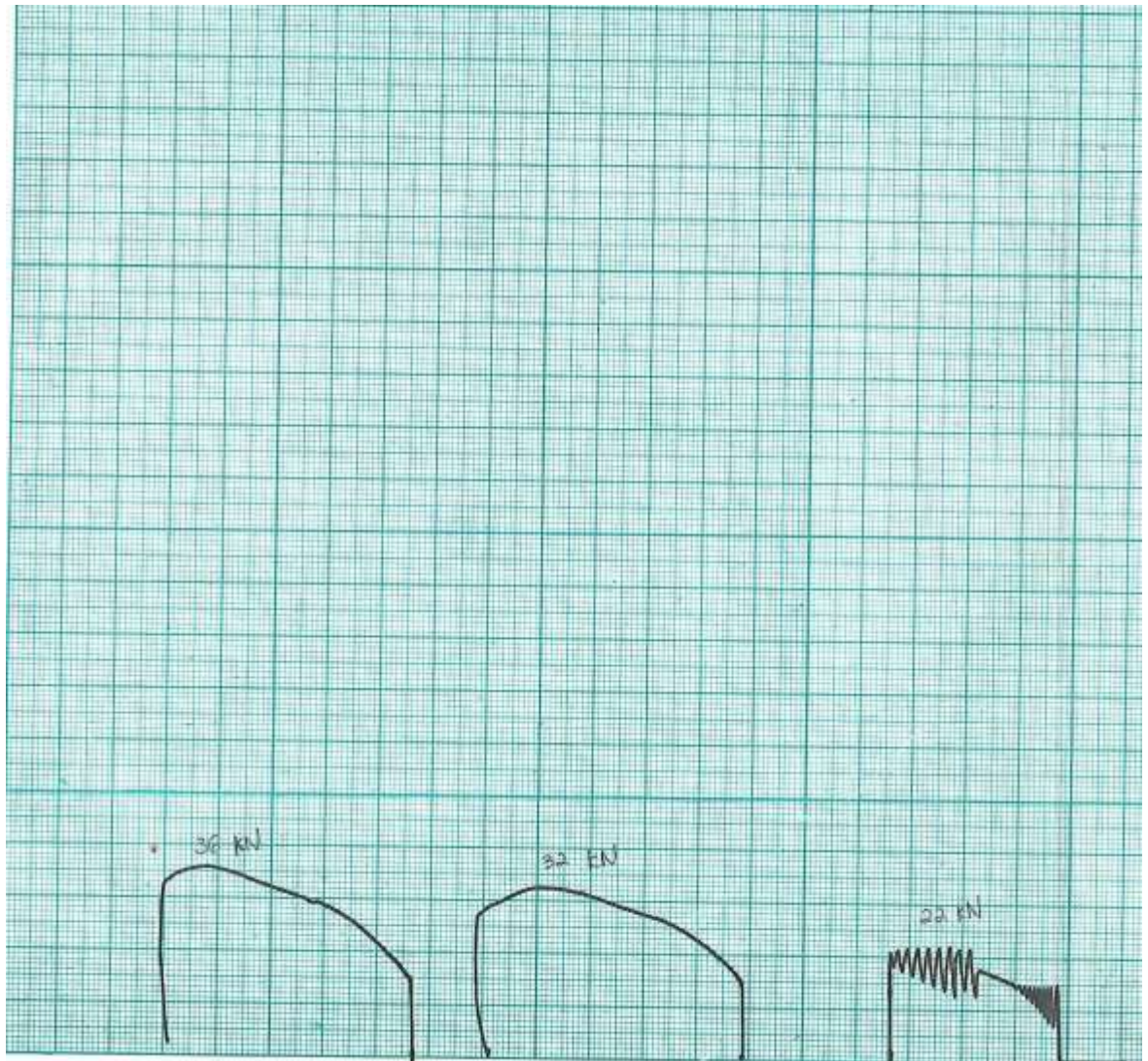


Kurva Tegangan – Regangan Hasil Uji Tarik



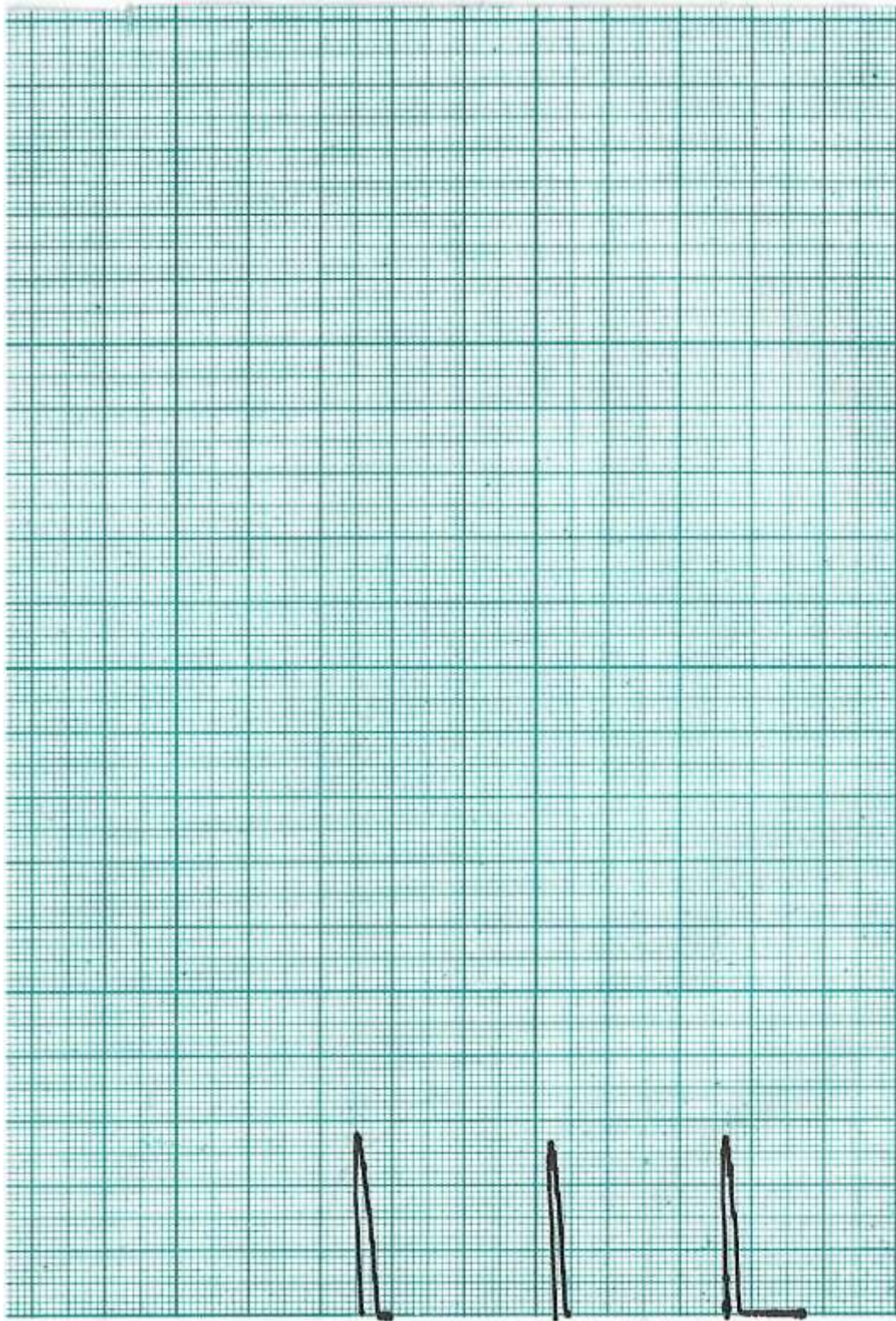
Kurva Tegangan – Regangan

Material Tanpa Perlakuan Panas dan 60% SMYS Tegangan *Bending*



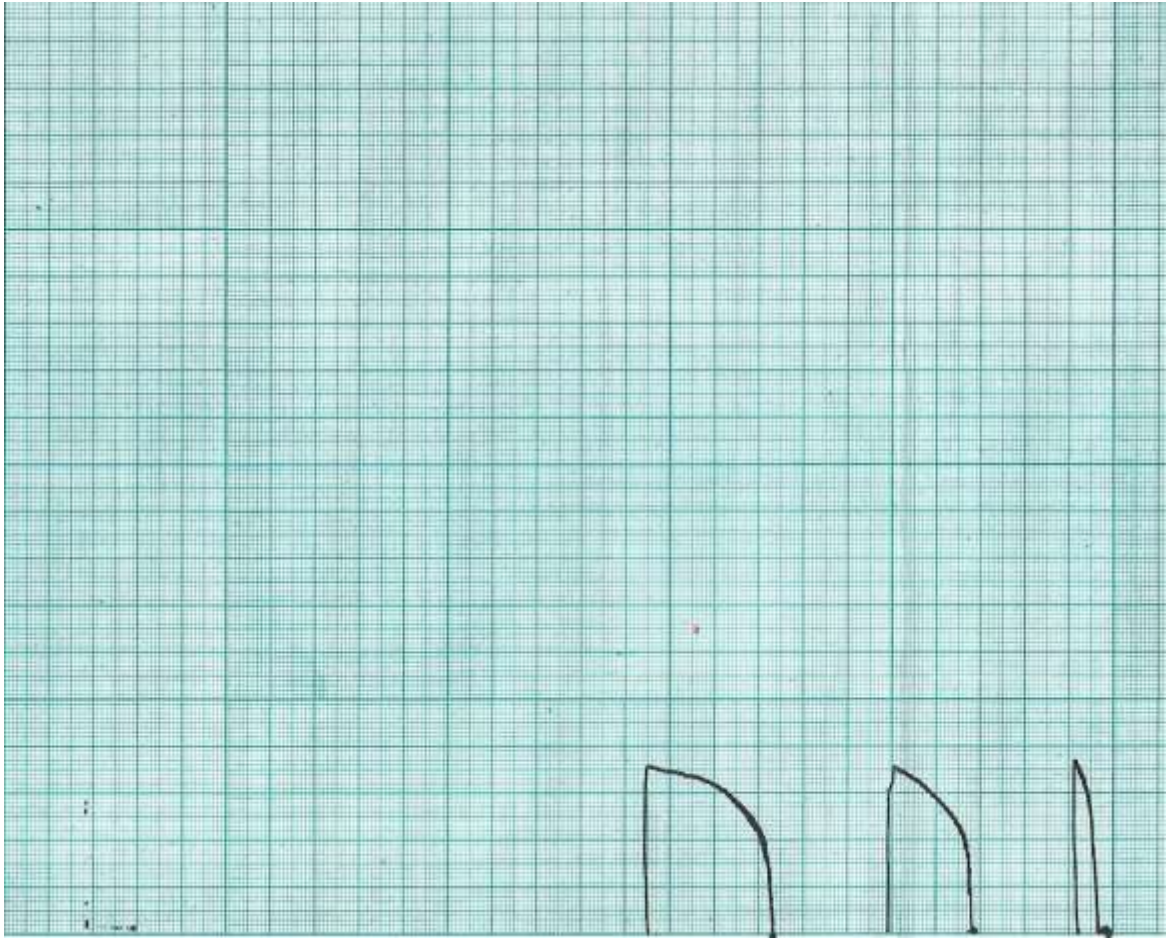
Kurva Tegangan – Regangan

Material Tanpa Perlakuan Panas dan 80% SMYS Tegangan *Bending*



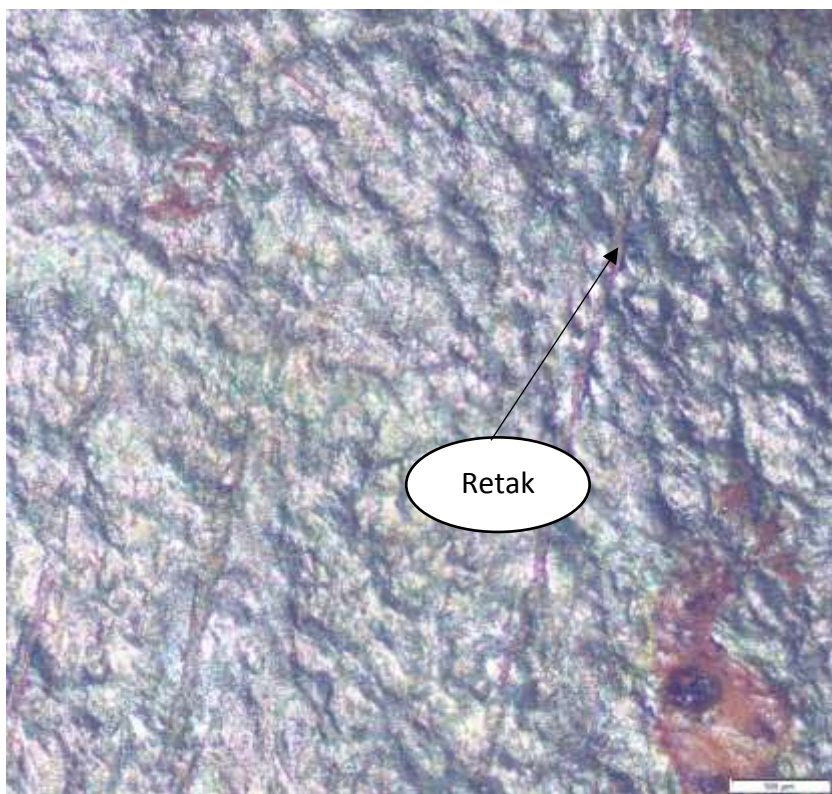
Kurva Tegangan – Regangan

Material Perlakuan Panas dan 60% SMYS Tegangan *Bending*



Kurva Tegangan – Regangan

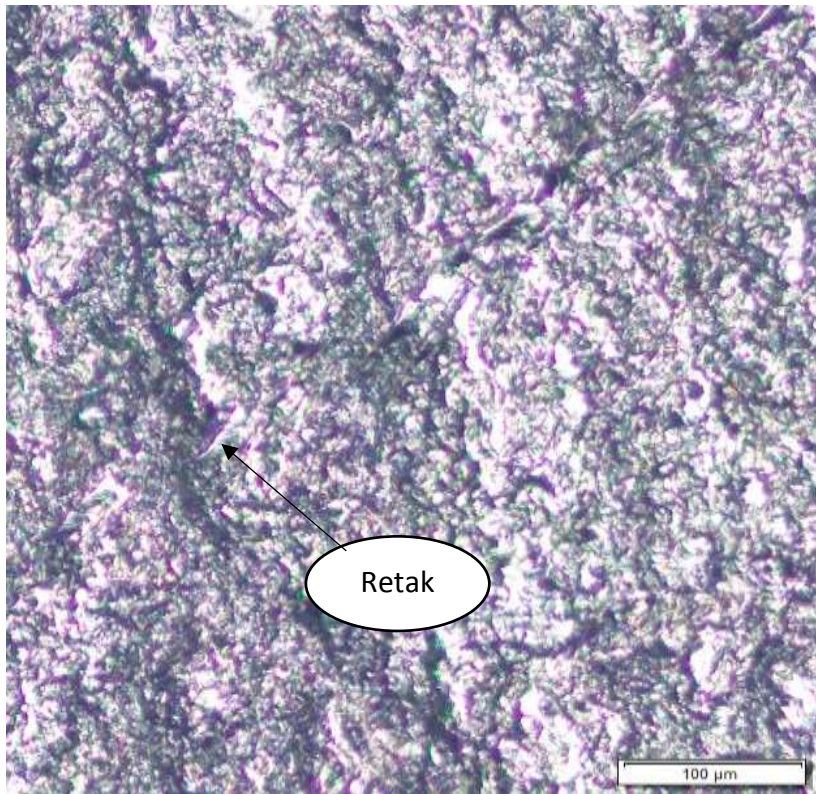
Material Perlakuan Panas dan 80% SMYS Tegangan *Bending*



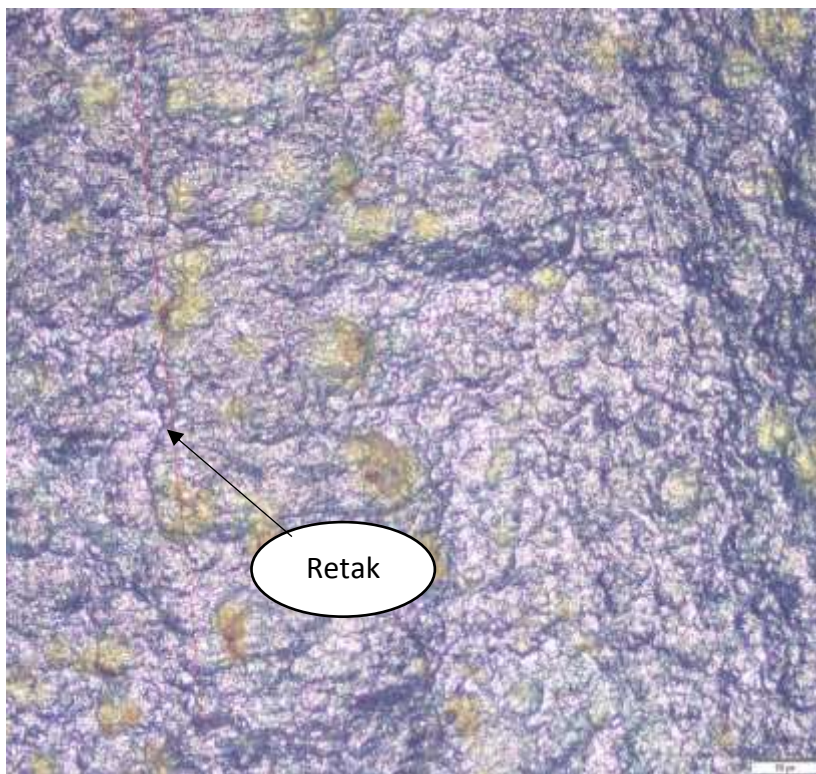
(AT1.1)



(AT1.2)



(AT1.3)



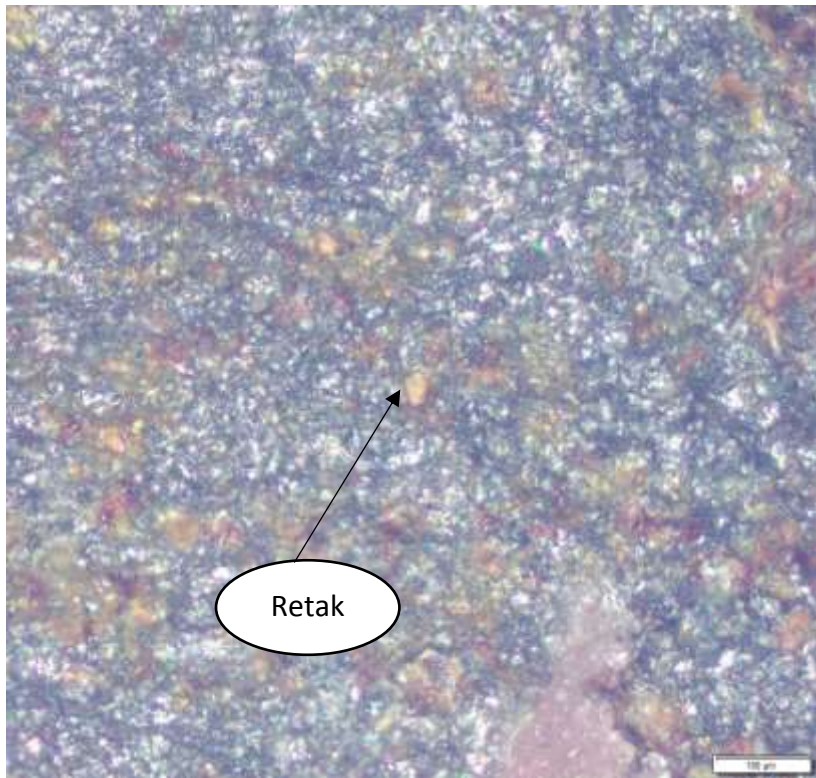
(AT2.1)



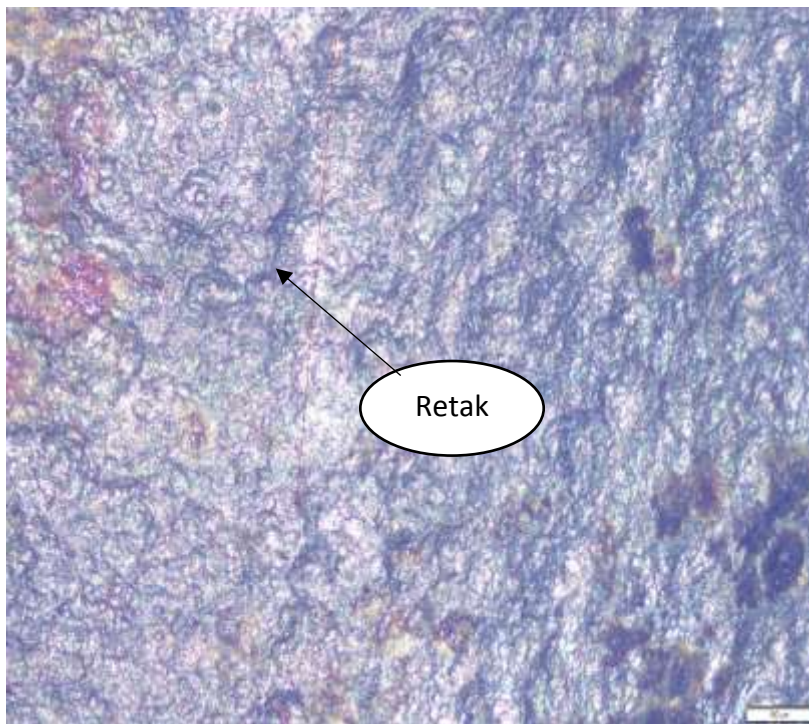
(AT2.2)



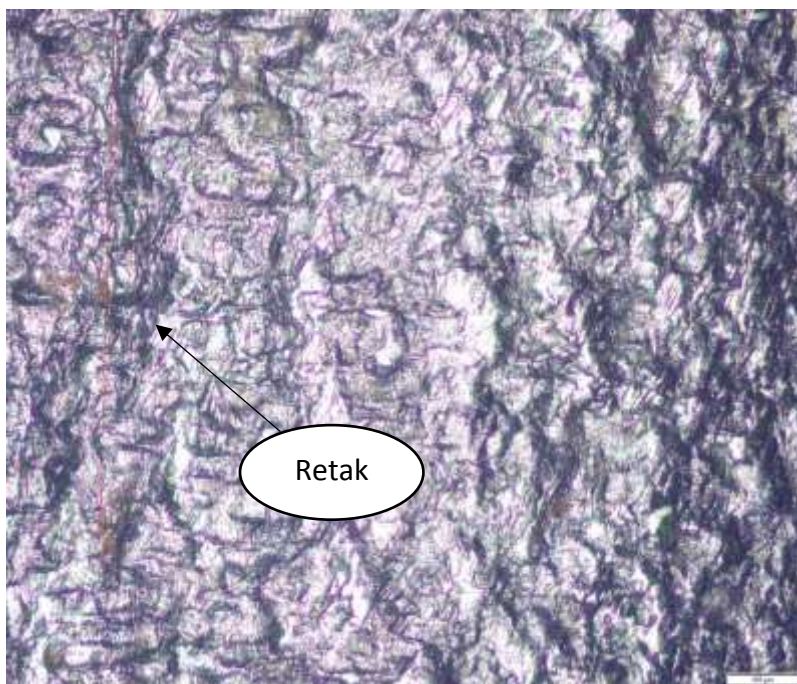
(AT2.3)



(AP4.1)



(AP4.2)



(AP4.3)

BIODATA



Penulis bernama lengkap Yuda Arifianto dengan nama sapaan Yuda. Lahir di Surabaya, 17 Mei 1994 merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Orang tua penulis yaitu Sutrisno seorang wiraswasta dan (Almh) Giyani bekerja sebagai PNS dan kakak dari penulis yaitu Myta Retna P. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SDN Kepuh Kiriman I Waru. Lalu melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Surabaya. Setelah itu melanjutkan pendidikan ke jenjang sekolah menengah atas di SMAN 15 Surabaya. Tamat SMA penulis melanjutkan studinya ke S-1 Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis tergabung dalam BEM Fakultas Teknologi Kelautan dalam departemen Kajian Strategis dengan jabatan sebagai Kepala Divisi Isu Kajian Strategis pada masa jabatan 2015-2016. Dan selama masa kuliah penulis juga tergabung dalam beberapa kepanitiaan acara kampus. Dalam masa studi di Teknik Kelautan penulis melakukan Kerja Praktik di Pertamina EP Asset 4 Field Cepu selama 2 bulan dalam maksud sebagai salah satu prasyarat menyelesaikan pendidikan sarjana.